



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS DE GURUPI
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

ELIAS CUNHA DE FARIA

**ANÁLISE DE TRILHA EM GENÓTIPOS DE MILHO VERDE SUBMETIDO A
INOCULAÇÃO DE *Azospirillum brasilense***

Gurupi/TO

2021

Elias Cunha De Faria

**Análise de trilha em genótipos de milho verde submetido a inoculação de *Azospirillum
brasiliense***

Monografia apresentada à Universidade Federal do Tocantins (UFT), Campus Universitário de Gurupi para obtenção do título de bacharel em Agronomia.

Orientador: Dr. Weder Ferreira dos Santos

Gurupi/TO
2021

Elias Cunha de Faria

**Análise de trilha em genótipos de milho verde submetido a inoculação de
*Azospirillum brasilense***

Monografia apresentada à UFT – Universidade Federal do Tocantins – Campus Universitário de Gurupi, Curso de Agronomia foi avaliada para a obtenção do título de bacharel e aprovando em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

Data de aprovação: 15 / 12 / 2021

Banca Examinadora

Weder Ferreira dos Santos

Prof. Dr. Weder Ferreira dos Santos, UFT
Orientador e presidente da banca examinadora

Adriano Silveira Barbosa

MSc. Adriano Silveira Barbosa, Synagro Comercial Agrícola S.A
(Examinador)

MAGNO DE OLIVEIRA

MSc. Magno de Oliveira, UNIVATES
(Examinador)

Dedico este trabalho aos meus pais, Ironides Alves de Faria e Maria Josefa da Cunha Faria, que sempre estiveram ao meu lado me apoiando, educando e dando amor, ao meu irmão Isaias Cunha de Faria, e a todos meus amigos que me acolheram e incentivaram durante a graduação.

Essa e as demais conquistas são dedicadas a vocês!

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradecer a Deus, por ter proporcionado essa conquista e tantas outras.

Aos meus pais, Ironides Alves de Faria e Maria Josefa da Cunha Faria, ao meu irmão Isaias Cunha de Faria e toda minha família por me acompanharem e apoiarem durante todo o trajeto.

Ao orientador e amigo professor Dr. Weder Ferreira dos Santos, por toda a atenção e ensinamentos repassados.

À Universidade Federal do Tocantins – *Campus* de Gurupi, pelas oportunidades e experiências proporcionadas.

Aos meus amigos Eduardo Tranqueira da Silva, Geovane Macêdo Soares, André Buarque Montelo, Fernando Assis de Assunção e José Neto de Sousa Araújo (in memoriam), e a todos que já integram a República CBT.

A todos os meus amigos que o curso de agronomia me deu durante esses anos de graduação, principalmente os amigos da turma 2017/1 que de alguma forma contribuíram para que essa conquista fosse alcançada.

A todos os integrantes do grupo de pesquisa de melhoramento e fertilidade voltado para a cultura do milho orientados pelo professor Weder Ferreira dos Santos.

A todos que me apoiaram e incentivaram durante essa caminhada.

RESUMO

A produtividade da cultura do milho-verde é um caráter influenciado por muitas variáveis, de modo que a identificação de características que apresentem maior contribuição sobre a produtividade se torna importante podendo auxiliar na seleção de genótipos superiores de interesse econômico. O objetivo deste trabalho foi analisar os componentes de produtividade da cultura do milho verde, submetido ao tratamento de semente com *Azospirillum brasilense*. O experimento foi conduzido na safra 2019/20 na estação experimental da Universidade Federal do Tocantins, campus de Gurupi – TO. Utilizou-se um delineamento experimental em blocos casualizados, com 3 repetições, num esquema fatorial 2 x 10, totalizando 20 tratamentos. O primeiro fator foi constituído pela utilização de sementes tratadas no manejo com e sem *A. brasilense*, o segundo fator refere-se às dez cultivares comerciais de milho. Os estudos utilizaram a análise de trilha com as estimativas dos efeitos direto e indiretos que envolveram a variável principal (PESP), e as explicativas (NGPF, NFE, CESP, DESP, AP e AE), para os dez genótipos de milho testado. As variáveis NGPF, DESP, CESP e AE apresentam os maiores índices de efeito direto sobre o PESP em genótipos de milho nas condições experimentais, e são os mais indicados para a seleção indireta para a produtividade.

Palavras-chave: Melhoramento, *Zea mays*, Produtividade, Inoculação.

ABSTRACT

The yield of the green corn crop is a character influenced by many variables, so that the identification of traits that present a greater contribution to yield becomes important and can help in the selection of superior genotypes of economic interest. The objective of this work was to analyze the productivity components of the green maize crop, submitted to seed treatment with *Azospirillum brasilense*. The experiment was conducted in the 2019/20 season at the experimental station of the Federal University of Tocantins, campus of Gurupi – TO. A randomized complete block design was used, with 3 replications, in a 2 x 10 factorial scheme, totaling 20 treatments. The first factor was constituted by the use of treated seeds in the management with and without *A. brasilense*, the second factor refers to the ten commercial corn cultivars. The studies used path analysis with estimates of direct and indirect effects involving the main variable (PESP), and explanatory (NGPF, NFE, CESP, DESP, AP and AE), for the ten corn genotypes tested. The variables NGPF, DESP, CESP and AE have the highest direct effect indices on PESP in maize genotypes under experimental conditions, and are the most suitable for indirect selection for yield.

Keywords: Breeding, *Zea mays*, Productivity.

LISTA DE ILUSTRAÇÃO

Figura 1. Dados pluviométricos (mm) e as temperaturas médias (°C) diárias, no ano agrícola 2019/2020. Gurupi – TO, 2020. Fonte: Adaptado de INMET (2019).....	13
--	----

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Atributos químicos e texturais na camada 0-20 cm para o local do experimento. Gurupi – TO, 2020, ano agrícola 2019/20..... 14
- Tabela 2.** Características agronômicas das dez cultivares de milho utilizadas no experimento. 14
- Tabela 3.** Resumo das análises de variância dos experimentos com (CA) e sem (SA) *Azospirillum brasilense* das características: altura de planta (AP), altura da espiga (AE), diâmetro da espiga sem palha (DESP), comprimento da espiga sem palha (CESP) e peso da espiga sem palha (PESP), relativos a 10 genótipos de milho..... 16
- Tabela 4.** Estimativa dos efeitos diretos e indiretos que envolveram a variável principal (PESP), e as explicativas (AP, AE, DESP, CESP, NFE e NGFE), para 10 genótipos de milho 17

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	MATERIAIS E MÉTODOS	13
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	16
4	CONCLUSÕES.....	21
	REFERÊNCIA.....	22

1 INTRODUÇÃO

O milho verde é um alimento tradicional no Brasil, embora seja reduzido a quantidade de cultivares disponíveis no mercado para tal aptidão. Principalmente, em propriedades pequenas e médias, isto é, entre 1 e 10 ha de área, o cultivo de milho verde se tornou uma atividade promissora (NASCIMENTO et al., 2017) devido a geração de emprego e renda no meio rural (LIMA et al., 2019). A grande vantagem desse cultivo é a demanda contínua durante todo o ano, ou maior parte do período, além da elevada agregação de renda aos produtores com essa atividade econômica (ALVES et al., 2004).

Popularmente assim chamado, o milho verde recebeu essa denominação por ser consumido in natura, isto é, sem qualquer processamento industrial, podendo ser consumido assado ou cozido, além de ser matéria prima para comidas típicas como pamonha e cural, e ingrediente na produção de sorvetes, biscoitos, bolos e outros alimentos (AGRIC, 2020). O ponto ideal de colheita das espigas ocorre quando a cultura atinge o estágio fenológico de grãos pastoso (R₄), quando a umidade dos grãos está entre 70 a 80%, fase na qual é considerada a melhor para consumo e comercialização (PEREIRA FILHO et al., 2021).

A depender da região a ser cultivada, a cultura pode obter uma produtividade de 9 a 15 toneladas de espigas empalhadas por hectare (PAIVA JUNIOR, 1999), sendo desejável um padrão de espigas comerciais com peso elevado, uma vez que este é um dos parâmetros para comercialização do produto, além de espigas com comprimento e diâmetro maior que 15cm e 3cm, respectivamente (ALBUQUERQUE et al., 2008).

Estudos em diversos seguimentos, no intuito de melhorar esses índices são realizados, principalmente envolvendo o manejo da adubação nitrogenada (AGUIAR et al., 2012; FREIRE et al., 2010; SOUSA et al., 2010; TAVARES et al., 2021), isso por que, o nitrogênio (N) é o principal responsável no crescimento e desenvolvimento da planta, além de influenciar na produtividade das culturas (PEREIRA et al., 2017).

Uma das alternativas ecológicas que podem auxiliar numa melhor eficiência da adubação nitrogenada é a fixação biológica de nitrogênio atmosférico (FBN), realizada por bactérias diazotróficas, que fixam o N atmosférico, auxiliando na redução do uso de insumos nitrogenados (DIAS, 2020). A *Azospirillum brasilense* são bactérias associativas às plantas, auxiliando no processo de FBN, estas também são classificadas como bactérias promotoras de crescimento vegetal (PGPB) (SANTOS et al., 2018). Todavia, vale salientar que essas bactérias conseguem disponibilizar apenas parcialmente o N necessário ao ciclo das plantas, ao contrário das bactérias simbióticas (*Bradyrhizobium*) (HUNGRIA, 2011).

A resposta agronômica da cultura milho em associação à *Azospirillum brasilense* pode ser verificada em diversos trabalhos (ARAÚJO et al., 2014; ANDRADE et al., 2016; MORENO et al., 2019; OLIVEIRA & PICAZEVICZ, 2021; SILVA JUNIOR et al., 2021), com resultados promissores a respeito. Esta bactéria não tem sido tão utilizada na cultura do milho, isso pode ser atribuído a inconsistência de resultados de pesquisa, que pode variar de acordo com as condições climáticas, metodologia de condução da pesquisa e ou até mesmo o genótipo utilizado.

A produtividade da cultura do milho-verde é um caráter influenciado por muitas variáveis, de modo que a identificação de características que apresentem maior contribuição sobre a produtividade se torna importante podendo auxiliar na seleção de genótipos superiores de interesse econômico (ENTRINGER et al., 2014). Sendo assim, identificar as correlações fenotípicas, genotípicas, ambientais e a relação entre essas características é de grande importância (CRUZ et al., 2014).

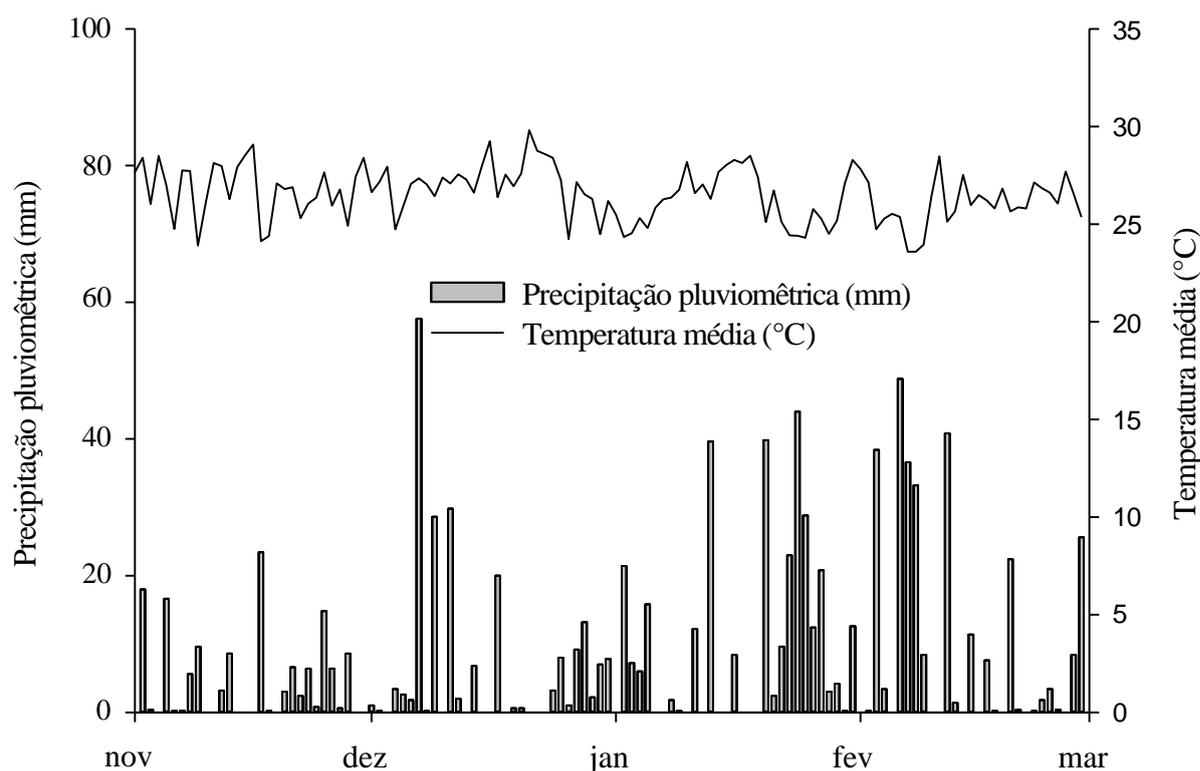
A análise de trilha surge como uma ferramenta que permite que diferentes variáveis mantenham correlação entre si causando efeitos diretos e indiretos em função de uma variável principal, apresentando um coeficiente de correção que mede o grau de associação entre duas ou mais variáveis, sendo a estimativa dos coeficientes utilizadas para identificar as características agronômicas que mais influenciam na produtividade do milho (VERMA et al., 2020).

Diante das informações, objetivou-se com esse trabalho analisar os componentes de produção da cultura do milho verde, através da análise de trilha, com e sem tratamento de semente utilizando *Azospirillum brasilense*.

2 MATERIAIS E METÓDOS

O experimento foi realizado na estação experimental da Universidade Federal do Tocantins (UFT), Campus de Gurupi (11°44' de latitude Sul, 49°05' de longitude Oeste e altitude de 280 metros) no ano agrícola 2019/20, sendo a semeadura no dia 02/11/2019 e a colheita em 13/01/2020. O clima da região (Figura 1) é classificado como Aw, tropical, com moderada deficiência hídrica, a temperatura média anual é de 33°C no período de seca e de 26°C no período de chuvas, com precipitação anual média de 1804 mm, com verão chuvoso e inverno seco, segundo a classificação de Köppen (DUBREUIL et al., 2017).

Figura 1. Dados pluviométricos (mm) e as temperaturas médias (°C) diárias, no ano agrícola 2019/2020. Gurupi – TO, 2020.



Fonte: Adaptado de INMET (2019).

Conforme a análise de solo (Tabela 1) realizou-se primeiramente a calagem com a aplicação de duas toneladas ha^{-1} de calcário dolomítico Filler, procedendo com incorporação ao solo através das operações de aração e gradagem na camada superficial (0-20 cm). Em seguida realizou-se o sulcamento na área, seguido da aplicação de adubo e semeadura que foi realizada manualmente. Mediante as exigências da cultura (RIBEIRO et al., 1999), a

recomendação da adubação de base foi de 500 kg ha⁻¹ do formulado 5-25-15 e para a adubação de cobertura 150 kg ha⁻¹ de Ureia (43% de N), fracionada em duas aplicações, no estádio V₄ (Quarta folha expandida) e V₆ (Sexta folha expandida).

Tabela 1. Atributos químicos e texturais na camada 0-20 cm para o local do experimento. Gurupi – TO, 2020, ano agrícola 2019/20.

pH ¹	M.O. dag.kg ⁻¹	P ² mg dm ⁻³	K ² K ²	Ca ³	Mg ³	Al ³	H+Al ³	SB	CTC	V	
			-----cmolc.dm ⁻³ -----								%
5,2	1,7	2,2	30	0,08	1,2	0,7	0,0	2,50	1,98	4,48	44
	Argila (g kg ⁻¹)		Silte (g kg ⁻¹)					Areia (g kg ⁻¹)			
	275		50					675			

(1): CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹; (2): Extrator Mehlich; (3) KCL 1mol;
Fonte: Faria, Elias (2021).

Utilizou-se um delineamento experimental em blocos casualizados, com 3 repetições, num esquema fatorial 2 x 10, totalizando 20 tratamentos. O primeiro fator foi constituído pela utilização de sementes tratadas no manejo com e sem *A. brasilense*. No tratamento com *A. brasilense* utilizou-se uma proporção de 100 ml do inóculo para 50 kg de semente sendo homogeneizada em saco plástico. O segundo fator refere-se às dez cultivares comerciais de milho, sendo estas, listadas abaixo (Tabela 2) com as respectivas características agrônômicas.

Tabela 2. Características agrônômicas das dez cultivares de milho utilizadas no experimento.

Nome comercial	Base genética	Transgenia	Ciclo	Nível tecnológico
AG8088 PRO2	HS	PRO2	P	A
M 274	HS	C	P	B/M
ANHEMBI	PPA	C	P	B/M
AG 1051	HD	C	SMP	M/A
BR 2022	HD	C	P	B/M
BR 205	HD	C	P	B/M
BM 3051	HS	C	P	M/A
CATIVERDE	PPA	C	SMP	M
PR27D28	HD	C	SP	B/M
BRS 3046	HT	C	SMP	M/A

HS: híbrido simples; HD: híbrido duplo; HT: híbrido triplo; PRO2: tecnologia VT PRO 2™; C: convencional; PW: tecnologia Powercore™; P: precoce; SMP: semiprecoce; SP: Superprecoce; A: alto; M: médio e B: baixo.

Fonte: Cruz et al. (2015).

A unidade experimental foi composta por duas fileiras de 3,0 m de comprimento adotando espaçamento de 1 m entre linhas com uma área experimental de 6 m². Em cada metro linear semeou-se 5 sementes obtendo uma população final de 50.000 plantas ha⁻¹. Para as avaliações foi utilizada toda a área experimental. Na pré-semeadura, foi realizado o manejo preventivo com tratamento das sementes com fungicida e inseticida (princípio ativo

Piraclostrobina, Tiofanato Metílico e Fipronil). Para o controle da Lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*), Lagarta elasma (*Elasmopalpus lignosellus*) e Lagarta-rosca (*Agrotis ipsilon*) ao longo de todo o ciclo da cultura utilizou-se os inseticidas: Deltametrina (200 mL ha⁻¹); Clorpirifós (1 L ha⁻¹); Lambda-Cialotrina + Clorantraniliprole (150 mL ha⁻¹). Para controle do Percevejo-barriga-verde (*Dichelops furcatus*), Cigarrinha-do-milho (*Dalbulus maidis*) e mosca branca (*Bemisia argentifolii*) utilizou-se: Tiametoxam + Lambda-Cialotrina (180 mL ha⁻¹), Imidacloprido + Bifentrina (400 mL ha⁻¹) e Acetamiprido + Alfa-Cipermetrina (250 mL ha⁻¹) (BOREM et al., 2015).

As avaliações foram realizadas no estágio fenológico R₄ (Grão pastoso) considerado ideal para milho verde (ROCHA et al., 2020). Foram colhidas cinco espigas pesando-as em balança semi-analítica as espigas sem palha, obtendo a produtividade de espigas sem palha (PESP), transformada para kg ha⁻¹, mediante multiplicação do peso médio das espigas pela população de plantas ha⁻¹.

Foram mensuradas as alturas de espiga (AE) e de planta (AP) com uma trena métrica, considerando a distância do solo até a inserção da primeira espiga e última folha aberta, respectivamente. Com o auxílio de um paquímetro digital mediu-se o diâmetro de espiga sem palha (DESP), aferido em mm. O comprimento de espiga sem palha (CESP) foi obtido através de medida com régua graduada em cm. Nas espigas também foram determinados o número de grãos por fileiras (NGPF) e o número de fileira por espiga (NFE) através de contagem direta.

Após obtido e tabelado os dados, foi estimado os coeficientes de correlação de Pearson entre os caracteres. Adotou-se como significativa as correlações com valores de $r \geq 0,6$ ou $r \leq -0,6$, oriundas da metodologia proposta por Dancey et al. (2018), onde r acima de 0,6 é considerada de moderada a forte. Em seguida, foi realizada análise de trilha, sendo as correlações desdobradas em efeitos diretos e indiretos das variáveis (variáveis independentes) sobre a produtividade de espigas sem palha (PESP) (WRIGHT, 1921). Todas as análises foram realizadas utilizando-se o programa Computacional Genes (CRUZ, 2016).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 3 tem-se a análise de variância, na qual foi possível observar que houve diferença significativa para todas as características avaliadas e para ambos os ensaios (com e sem *Azospirillum brasilense*). Nota-se que no ensaio com *Azospirillum brasilense* houve efeito significativo para todas as características avaliadas, exceto para CESP. Já para o ensaio sem *Azospirillum Brasilense*, houve efeito significativo apenas para as características NGPF, DESP, e PESP.

Tabela 3. Resumo das análises de variância dos experimentos com (CA) e sem (SA) *Azospirillum Brasilense* das características: altura de planta (AP), altura da espiga (AE), diâmetro da espiga sem palha (DESP), comprimento da espiga sem palha (CESP) e peso da espiga sem palha (PESP), relativos a 10 genótipos de milho.

FV	GL	QM – CA						
		NGPF	NFE	CESP	DESP	AP	AE	DESD
Blocos	2	3,7	0,23	6,61	1,58	43,23	170,633	0,003715
Tratamentos	9	61,99*	4,30*	3,29 ^{ns}	16,51*	578,31*	626,03*	0,00254*
Resíduo	18	11,55	1,57	1,87	3,08	92,57	246,188	0,0009
Média		34,6	15,76	19,45	44,15	192	87,97	0,1966
CV(%)		9,82	7,94	7,03	3,98	5,01	17,84	15,26
FV	GL	QM – SA						
		NGPF	NFE	CESP	DESP	AP	AE	PESP
Blocos	2	15,83	0,23	2,746	6,58	16,63	37,63	0,000072
Tratamentos	9	49,37*	2,83 ^{ns}	3,76 ^{ns}	29,06*	233,07 ^{ns}	208,39 ^{ns}	0,004477*
Resíduo	18	11,39	1,64	1,613	5,33	272,89	219,04	0,000778
Média		33,97	15,53	19,62	43,56	193	94	0,197
CV(%)		9,94	8,25	6,47	5,30	8,54	15,67	14,16

* significativo à 5% de probabilidade, pelo teste F. FV = Fonte de Variação; GL = Grau de Liberdade; CV% = Coeficiente de Variação.

Fonte: Faria, Elias (2021).

De modo geral, a presença de diferença significativa para os desdobramentos da análise de variância demonstra importância do fator no desenvolvimento da planta de milho e também da espiga, ficando evidente que a variação desses fatores pode afetar de forma positiva ou negativa a expressão dessas características, conforme relata (SANTOS et al., 2018), que avaliando análise de trilha em genótipos de milho no Tocantins observou diferenças significativas nas características avaliadas.

Os coeficientes de variação (CV) indicam boa precisão na condução dos experimentos, classificado como baixo e médio (PIMENTEL GOMES, 2009).

Na Tabela 4 tem-se a análise de trilha com as estimativas dos efeitos diretos e indiretos que envolveram a variável principal (PESP), e as explicativas (AP, AE, DESP, CESP, NFE e NGFE), para 10 genótipos de milho nos experimentos com e sem *Azospirillum Brasilense*.

Tabela 4. Estimativa dos efeitos diretos e indiretos que envolveram a variável principal (PESP), e as explicativas (AP, AE, DESP, CESP, NFE e NGFE), para 10 genótipos de milho.

Via de associação	Número de grãos por fileira (NGPF)	
	Sem Azos	Com Azos
Efeito direto sobre PESP	0,49384	-0,39617
Efeito indireto via NFE	-0,01055	0,04400
Efeito indireto via CESP	0,05288	0,28423
Efeito indireto via DESP	0,43499	1,12414
Efeito indireto via AP	0,01082	-0,18006
Efeito indireto via AE	-0,04528	0,05816
Efeito total (correlação de Pearson)	0,93670	0,93430
Via de associação	Número de fileira por espiga (NFE)	
	Sem Azos	Com Azos
Efeito direto sobre PESP	-0,05748	-0,09306
Efeito indireto via NGPF	0,09067	0,18731
Efeito indireto via CESP	0,06306	0,01595
Efeito indireto via DESP	0,27272	-0,44616
Efeito indireto via AP	0,00099	0,18118
Efeito indireto via AE	-0,00975	-0,07397
Efeito total (correlação de Pearson)	0,36020	-0,22880
Via de associação	Comprimento de espiga sem palha (CESP)	
	Sem Azos	Com Azos
Efeito direto sobre PESP	0,14727	0,49535
Efeito indireto via NGPF	0,17734	-0,22732
Efeito indireto via NFE	-0,02461	-0,00300
Efeito indireto via DESP	0,28782	0,45175
Efeito indireto via AP	-0,00183	-0,14074
Efeito indireto via AE	-0,00548	-0,06011
Efeito total (correlação de Pearson)	0,58050	0,51580
Via de associação	Diâmetro da espiga sem palha (DESP)	
	Sem Azos	Com Azos
Efeito direto sobre PESP	0,49218	1,18818
Efeito indireto via NGPF	0,43645	-0,37482
Efeito indireto via NFE	-0,03185	0,03494
Efeito indireto via CESP	0,08612	0,18833
Efeito indireto via AP	0,00766	-0,17323
Efeito indireto via AE	-0,03937	0,09715
Efeito total (correlação de Pearson)	0,95120	0,96050
Via de associação	Altura de planta (AP)	
	Sem Azos	Com Azos

Efeito direto sobre PESP	0,02420	-0,48482
Efeito indireto via NGPF	0,22084	-0,14714
Efeito indireto via NFE	-0,00236	0,03478
Efeito indireto via CESP	-0,01116	0,14380
Efeito indireto via DESP	0,15587	0,42454
Efeito indireto via AE	-0,04583	0,26997
Efeito total (correlação de Pearson)	0,34160	0,24120
Via de associação	Altura da espiga (AE)	
	Sem Azos	Com Azos
Efeito direto sobre PESP	-0,05624	0,34807
Efeito indireto via NGPF	0,39754	-0,06620
Efeito indireto via NFE	-0,00996	0,01977
Efeito indireto via CESP	0,01434	-0,08555
Efeito indireto via DESP	0,34452	0,33162
Efeito indireto via AP	0,01972	-0,37602
Efeito total (correlação de Pearson)	0,70990	0,17170
Coefficientes de determinação (R ²)	0,96386	0,9907
Efeito da variável residual	0,19010	0,0963

$r \geq 0,6$ ou $r \leq -0,6$, onde r acima de 0,6 é considerada de moderada a forte (DANCEY et al. 2018).

Fonte: Faria, Elias (2021).

Observa-se que os coeficientes de determinação (R²) atingiram valores consideravelmente altos (0,99 e 0,96 com e sem *Azospirillum brasilense*, respectivamente), demonstrando assim, uma boa confiabilidade dos resultados estudados e explicando as possíveis relações de causa e efeito entre as variáveis. Além disso, o efeito da variável residual foi baixo (0,09 e 0,19 com e sem *Azospirillum brasilense*, respectivamente) reafirmando a confiabilidade e realçando esses valores como pontos positivos da análise.

Rios et al. (2012) e Mundim et al. (2013), relatam que o valor do coeficiente de determinação reflete o quanto, em percentagem, da variação da variável principal é explicada pelas utilizadas na análise de trilha.

A correlação (r) explica bem a associação entre as variáveis, quando os valores da correlação e do efeito direto forem semelhantes em magnitude e sinal; a correlação explicou bem a associação entre as variáveis; se o r foi positivo e o efeito direto, próximo a zero ou negativo, a correlação foi ocasionada pelos efeitos indiretos; quando o r estiver próximo a zero e o efeito direto foi positivo e alto, os efeitos indiretos foram considerados os responsáveis pela falta de correlação; e se o r foi negativo e o efeito direto foi positivo e alto, ignoraram-se os efeitos indiretos e consideraram-se apenas os diretos (FILHO et al., 2009).

Os valores dos coeficientes de determinação de trilha explicam as fortes relações de causa e efeito residual, evidenciando a contribuição das variáveis do modelo para a produtividade de milho, e o quanto, em percentagem, da variável principal é explicada pelas utilizadas na análise de trilha. A variável NGPF, apresentou efeito direto negativo sobre PESP com *Azospirillum Brasilense* (-0,39617), e apresentou efeito indireto negativo via AP (-0,18006). Já no ensaio sem *Azospirillum Brasilense* apresentou efeito direto positivo sobre PESP (0,49384), porém efeito indireto negativo via NFE e AE (-0,01055; e -0,04528; respectivamente), evidenciando que a variável NGPF com *Azospirillum Brasilense* não contribui para o rendimento, e que a correlação foi ocasionada pelos efeitos indiretos.

A variável NFE sem *Azospirillum brasilense* apresentou efeito direto negativo sobre o PESP (-0,05748), e indireto positivo via NGPF, CESP, DESP, e AP (0,09067; 0,06306; 0,27272 e 0,00099, respectivamente), já com *Azospirillum brasilense*, a variável NFE apresentou efeito direto negativo sobre PESP (-0,09306) e efeito indireto positivo via NGPF, CESP e AP (0,18731; 0,01595 e 0,18118), respectivamente, evidenciando que nos dois ensaios com e sem *Azospirillum brasiliense*, essa característica não contribui para o aumento do rendimento (KAPPES et al., 2011).

O número de grãos por fileira foram componentes produtivos que não foram afetados pela interação entre os tratamentos quando a inoculação da bactéria. Estes resultados são semelhantes aos obtidos por Repke et al. (2013) e Müller et al. (2016), que também verificaram que não houve efeito da aplicação de *Azospirillum brasiliense* sobre esses componentes produtivos do milho.

A variável CESP, sem *Azospirillum brasilense* apresentou efeito direto positivo sobre a PESP (0,14), e indireto positivo via NGPF e DESP (0,17; e 0,28; respectivamente), o mesmo foi visto para o tratamento com *Azospirillum brasilense*, que apresentou efeito direto positivo (0,49), e efeito indireto positivo via DESP (0,45). Estes resultados não estão de acordo com Cadore et al. (2016) e Repke et al. (2013), que não encontraram resposta positiva para comprimento das espigas com a aplicação de *Azospirillum brasilense*.

A variável DESP, sem *Azospirillum brasiliense* apresentou efeito direto positivo sobre a PESP (0,49218), e efeito indireto positivo via NGPF, CESP e AP (0,43645; 0,08612 e 0,00766). No tratamento com *Azospirillum brasiliense*, apresentou efeito direto positivo para a PESP (1,18818), e indireto via NFE, CESP e AE (0,03494; 0,18833 e 0,09715, respectivamente), evidenciando que o valor alto da correlação e do efeito direto revelam associação direta, de causa e efeito, e explicam a associação entre as variáveis, em que essa

característica pode ser utilizada para seleção indireta para a produtividade (MUDIM et al., 2013; RIOS et al., 2012).

Para a variável AP, sem *Azospirillum brasiliense* foi observado efeito direto positivo sobre a PESP (0,02420), e efeito indireto positivo via NGPF e DESP (0,22084 e 0,15587; respectivamente). No tratamento com *Azospirillum brasiliense*, houve efeito direto negativo sobre PESP (-0,48482) e efeito indireto positivo via NFE, CESP, DESP e AE (0,03478; 0,14380; 0,42454 e 0,26997 respectivamente). As bactérias do gênero *Azospirillum* possuem elevada capacidade de produção de ácido indolilacético, o qual desempenha papel importante na promoção de crescimento de plantas (RADWAN et al., 2004), porém, isso não foi verificado no trabalho quando as plantas foram submetidas ao tratamento com *Azospirillum brasiliense*.

A variável AE sem *Azospirillum brasiliense* apresentou efeito direto negativo sobre a PESP (-0,05624) e efeito indireto positivo via NGPF, CESP, DESP e AP (0,39754; 0,01434; 0,34452 e 0,01972), já com *Azospirillum brasiliense* apresentou efeito direto positivo sobre a PESP (0,34807) e efeito positivo indireto via NFE e DESP (0,01977 e 0,33162, respectivamente).

De modo geral, os efeitos dos desdobramentos mediante análise de trilha dos coeficientes de correlação de NGPF sem *Azospirillum brasiliense*, CESP com e sem *Azospirillum brasiliense*, DESP com e sem *Azospirillum brasiliense*, AP sem *Azospirillum brasiliense* e AE com *Azospirillum brasiliense* foram positivos e de grande significância. Variáveis com efeito direto no mesmo sentido da correlação com a variável principal revelam presença de causa e efeito, inferindo que a variável explicativa é a principal determinante das alterações do caráter principal (CRUZ et al., 2014).

4 CONCLUSÕES

As variáveis número de grãos por fileiras, diâmetro de espiga sem palha, comprimento de espiga sem palha e altura de espiga apresentam os maiores índices de efeito direto sobre o peso médio de espigas sem palhas em genótipos de milho nas condições experimentais, e são os mais indicados para a seleção indireta para a produtividade.

A inoculação com a bactéria *Azospirillum brasilense* influenciou na magnitude das correlações fenotípicas e genotípicas e nos efeitos diretos e indiretos sobre a produtividade dos genótipos de milho-verde.

REFERÊNCIA

- AGRIC. **Cultivo do Milho-verde**. 2020. Disponível em: <https://www.agric.com.br/producoes/milho_verde.html>, 2020. Acesso em: 31 nov. 2021.
- AGUIAR, C.B.N.; COIMBRA, R.R.; AFERRI, F.S.; PAULA, M.J.; FREITAS, M.K.C.; OLIVEIRA, R.J. Desempenho agrônômico de híbridos de milho verde em função da adubação nitrogenada de cobertura. **Revista Ciências Agrárias**, v.55, n.1, p.11-16, 2012.
- ALBUQUERQUE, C.J.B.; VON PINHO, R.G.; SILVA, R. Produtividade de híbridos de milho verde experimentais e comerciais. **Bioscience Journal**, v.24, p.69-76, 2008.
- ALVES, S.; SILVA, Á.; SERAPHIN, J.C.; VERA, R.; SOUZA, E.R.; ROLIM, H.; XIMENES, P. Avaliação de cultivares de milho para o processamento de pamonha. **Pesquisa Agropecuária**, v.34, p.39-43, 2004. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/pat/article/view/2340>.
- ANDRADE, A.T.; CONDÉ, A.B.T.; COSTA, R.L.; POMELA, A.W.V.; SOARES, A.L.; MARTINS, F.A.D.; OLIVEIRA, C.B. Produtividade de milho em função da redução do nitrogênio e da utilização de *Azospirillum brasilense*. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 15, n.2, p.229–239, 2016.
- ARAÚJO, R. M.; ARAÚJO, A. S. F. D.; NUNES, L. A. P. L.; & FIGUEIREDO, M. D. V. B. Resposta do milho verde à inoculação com *Azospirillum brasilense* e níveis de nitrogênio. **Ciência Rural**, v.44, n.9, p.1556-1560, 2014.
- BORÉM, A.; GALVÃO, J. C. C.; PIMENTEL, M. A. **Milho: do plantio à colheita**. Viçosa: Editora UFV, 46-47 2015.
- CADORE, R.; COSTA NETTO, A.P.; REIS, E.F.; RAGAGNIN, V.A; FREITAS, D.S; LIMA, T.P.; ROSSATO, M.; D'ABADIA, A.C.A. Híbridos de milho inoculados com *Azospirillum brasilense* sob diferentes doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, 15, n.3, p.398-409, 2016.
- CRUZ, C.D. Genes Software – extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. **Revista Acta Scientiarum Agronomy**, v.38, n.4, p.547-552, 2016.
- CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3 ed. Viçosa: UFV, 2014. 668p.
- CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A.; BORGHI, E.; SIMÃO, E.D.P. **Quatrocentos e setenta e sete cultivares de milho estão disponíveis no mercado de semente na safra 2015/16**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2015.
- DANCEY, C. P.; REIDY, J.; VIALI, L. **Estatística Sem Matemática para Psicologia: Usando SPSS para Windows**. 7. ed. Porto Alegre: Penso, 2018.
- DIAS, M.A.M. **Fixação Biológica de Nitrogênio: características moleculares e simbióticas de bactérias nativas do Semiárido Brasileiro**. São Paulo: Dialética, 2020. 100p.

DUBREUIL, V.; PECHUTTI FANTE, K.; PLANCHON, O.; NETO, J.L.S. Les types de climats annuels au Brésil: une application de la classification de Köppen de 1961 à 2015. **EchoGéo**, v.41, p.1-27, 2017.

FREIRE, F.M.; VIANA, M.C.M.; MASCARENHAS, M.H.T.; PEDROSA, M.W.; COELHO, A.M.; ANDRADE, C.D.L.T. Produtividade econômica e componentes da produção de espigas verdes de milho em função da adubação nitrogenada. **Brazilian Journal of Maize and Sorghum**, v.9, n.3, p.213-222, 2010.

HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo**. Londrina-PR: Embrapa Soja. 2011.

KAPPES, C.; ANDRADE, J.A.C.; ARF, O.; OLIVEIRA, A.C.; ARF, M.V.; FERREIRA, J.P. Desempenho de híbridos de milho em diferentes arranjos espaciais de plantas. **Bragantia**, v.70, n.2, p.334-343, 2011.

LIMA, N.G.; MOTA, J.H.; RESENDE, G.M.; YURI, J.E.; TEIXEIRA, I.R. Avaliação de cultivares de milho para consumo in-natura em Jatá – GO. **Agrarian Sciences Journal**, v.11, p.01-07, 2019.

MORENO, A.L.; KUSDRA, J.F.; PICAZEVICZ, A.A.C. Crescimento do milho em resposta a *Azospirillum brasilense* e nitrogênio. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v.10, n.5, 287-294, 2019.

MÜLLER, T.M.; SANDINI, I.E.; RODRIGUES, J.D.; NOVAKOWISKI, J.H.; BASI, S.; KAMINSKI, T.H.; Combination of inoculation methods of *Azospirillum brasilense* with broadcasting of nitrogen fertilizer increases corn yield. **Ciência Rural**, v.46, n.2, p.210-215, 2016.

MUNDIM, G.B., VIANA, J.M.S., MAIA, C., PAES, G.P., DELIMA, R.O. Genetic diversity and path analysis for nitrogen use efficiency in popcorn inbred lines. **Euphytica**, v.191, n. p.291-299, 2013.

NASCIMENTO, F.N.; BASTOS, E.A.; CARDOSO, M.J.; ANDRADE JÚNIOR, A.S.; RAMOS, H.M. Desempenho da produtividade de espigas de milho verde sob diferentes regimes hídricos. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.16, p.94-108, 2017. Doi: <http://dx.doi.org/10.18512/1980-6477/>

OLIVEIRA, C.Á.; PICAZEVICZ, A.A.C. Análise econômica da produção de milho verde em resposta a adubos verdes, *Azospirillum brasilense* e nitrogênio. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v.12, n.6, 2021.

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

PARANHOS, R.; FIGUEIREDO FILHO, D. B.; ROCHA, E. C. ; SILVA JÚNIOR, J. A. ; NEVES, J. A. B.; SANTOS, M. L. W. D. **Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson: (r^2)**. Leviathan (São Paulo), [S. l.], n. 8, p. 66-95, 2014. DOI: 10.11606/issn.2237-4485.lev.2014.132346. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/leviathan/article/view/132346>. Acesso em: 11 abr. 2022.

PEREIRA FILHO, I.A.; CRUZ, J.C.; SILVA, A.R.; COSTA, R.V.; CRUZ, I. **Milho Verde**. 2021. Disponível em: <<https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONT000fy779fnk02wx5ok0pvo4k3c1v9rbg.html>>. Acesso em: 12 abr. 2021.

PEREIRA, L.C.; MARTELI, D.C.V.; BRACCINI, A.; MATERA, T.C.; SUZUKAWA, A.K.; LARA, L.M. Produtividade do milho em resposta a doses de *Azospirillum brasilense* aplicado na caixa de semeadura. 2017. Disponível em: <<http://rdu.unicesumar.edu.br/bitstream/123456789/1294/1/epcc--79666.pdf>>. acesso em: 13 dez. 2021.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 15 ed. Piracicaba: FEALQ, 2009. 451p.

RADWAN, T.E.S.E.D.; MOHAMED, Z.K.; REIS, V.M. Efeito da inoculação de *Azospirillum* e *Herbaspirillum* na produção de compostos indólicos em plântulas de milho e arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.10, p.987-994, 2004.

REPKE, R.A.; CRUZ, S.J.S.; SILVA, C.J.; FIGUEIREDO, P.G.; BICUDO, S.J. Eficiência da *Azospirillum brasilense* combinada com doses de nitrogênio no desenvolvimento de plantas de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.12, n.3, p. 214-226, 2013.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., H.V. eds. **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais – CFSEMG, 1999. 359p.

RIOS, S.A.; BOREM, A.; GUIMARAES, P.E.O.; PAES, M.C.D. Análise de trilha para carotenoides em milho. **Revista Ceres**, v.59, n.3, p.368-373, 2012.

ROCHA, D. F.; OLIVEIRA, G.M.; ALMEIDA, L.R.C.; PEREIRA, A.V.A.; SANTOS, G.V.S.; SILVA, C.P. Necessidades hídricas e térmicas de milho verde no Submédio do Vale do São Francisco. **Research, Society and Development**, v.9, n.10, p.e3219108492–e3219108492, 28 set. 2020.

SANTOS, A.D.A.; SILVEIRA, J.A.G.D.; BONIFACIO, A.; RODRIGUES, A.C.; FIGUEIREDO, M.D.V.B. Antioxidant response of cowpea co-inoculated with plant growth-promoting bacteria under salt stress. **Brazilian Journal of Microbiology**, v.49, n.3, p.513-521, 2018.

SANTOS, W.F.; VAZ, P.C.P.; HAESBAERT, F.M.; FERREIRA, T.P.S.; SODRÉ, L.F.; SOARES, L.B. PEREIRA, J.S. Análise de trilha em genótipos de milho no Sul do Tocantins. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, v. 12, p. 49–52, 2018.

SILVA JUNIOR, J.A.M.; FREITAS, J.M.; REZENDE, C.F.A. Produtividade do milho associado a inoculação com *Azospirillum brasilense* e diferentes doses de adubação nitrogenada. **Research, Society and Development**, v.10, n.2, 2021.

SOUSA, Í.M.; ROCHA, D.R.; CUNHA, C.S.M.; GONÇALVES, I.C.R.; CASTRO, J.I.A. Adubação nitrogenada e modos de disponibilização de micronutrientes na produção de milho verde. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v.13, n.1, p.15-21, 2017.

TAVARES, M.S.; PINTO, L.A.; PINHEIRO, C.C.; PINHEIRO, J.C.; PINTO, A.A.; CAMARA, F.T. Características agronômicas do milho em função da adubação nitrogenada e troca de engrenagens na semeadora. **Acta Iguazu**, v.10, n.2, p.77-89, 2021.

VERMA, V.; YADAV, M.S.; KUMAR, A.; GATHIYE, G.S. Correlation and path analysis for seed yield and components traits in maize (*Zea mays* L.). **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v.9, n.1, 2278-2280, 2020.

WRIGHT, S. Correlation and causation. **Journal of Agricultural Research**, v.20, p.557-585, 1921.