



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA

PRODUÇÃO DE MILHO SOB INFLUÊNCIA DE PRODUTOS
ATENUANTES DO ESTRESSE HÍDRICO

LEÔNIDAS CANUTO DOS SANTOS

POMBAL - PB

2020

LEÔNIDAS CANUTO DOS SANTOS

PRODUÇÃO DE MILHO SOB INFLUÊNCIA DE PRODUTOS
ATENUANTES DO ESTRESSE HÍDRICO

Trabalho de Conclusão de curso
apresentado à coordenação do curso
de Agronomia da Universidade
Federal de Campina Grande,
campus Pombal, como um dos
requisitos para obtenção do grau de
Bacharel em Agronomia.

POMBAL – PB

2020

S237p Santos, Leônidas Canuto dos.
Produção de milho sob influência de produtos atenuantes do estresse
hídrico / Leônidas Canuto dos Santos. – Pombal, 2020.
41 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) –
Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia
Agroalimentar, 2020.

“Orientação: Prof. Dr. Josinaldo Lopes Araújo Rocha”.
Referências.

1. Milho. 2. Biodisponibilidade de nutrientes 3. Escassez hídrica. 4.
Produtividade de milho. 5. Crescimento de plantas - Bactérias promotoras. I.
Rocha, Josinaldo Lopes Araújo . II. Título.

CDU 633.15(043)

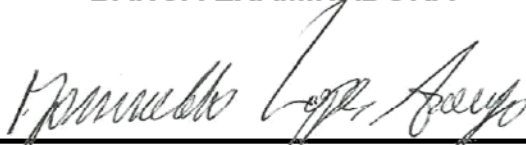
UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA

**PRODUÇÃO DE MILHO SOB INFLUÊNCIA DE PRODUTOS ATENUANTES
DO ESTRESSE HÍDRICO**

Trabalho de Conclusão de curso apresentado à coordenação do curso de Agronomia da Universidade Federal de Campina Grande, campus Pombal, como um dos requisitos para obtenção do grau de Bacharel em Agronomia.

Aprovado em: **25/08/2020**

BANCA EXAMINADORA



Orientador – Prof. Dr. Josinaldo Lopes Araújo Rocha
(UFCG/CCTA)



Examinadora – Ms. Maria Idaline Pessoa Cavalcanti
(UFPB/CCA)



Examinadora – Prof^a. Dra. Adriana Silva Lima
(UFCG/CCTA)

Pombal – PB
2020

A minha mãe (In memoriam), Luzia Canuto, que me criou e me amou incansavelmente, me protegeu e foi a melhor companheira e incentivadora. Seu fôlego de vida em mim me foi sustento, me deu coragem para questionar realidades e propor sempre um novo mundo de possibilidades.

DEDICO!

AGRADECIMENTO

A Deus pelo dom da vida e dada do conhecimento, por ter me ajudado a chegar até aqui e ter me dado forças nos dias mais difíceis e sombrios;

Ao meu pai Adelson Galdino que me incentivou e acreditou no meu potencial;

Ao meu orientador, Josinaldo Lopes Araújo Rocha por toda paciência e conhecimento transferido, pela excelente experiência em ter sido seu orientando;

Ao membro do grupo de pesquisa, Pedro Jorge, pela parceria e condução do experimento;

A minha família por terem acreditado em mim e me dar forças diariamente para poder chegar até o fim do curso, minhas irmãs, Zenaide Canuto, Ana Claudia Canuto, Ana Carolayne Canuto e Edevânia Canuto, aos meus irmãos, Leandro Canuto, Edson Canuto, Edvaldo Canuto e aos meus sobrinhos, Ingrid Canuto, Ana Clara Canuto, Bernardo Canuto, Catharina Canuto, Vinicius Canuto;

Aos meus amigos de estudo que hoje posso chamar de irmãos, Arthur Vinicius Dimas, Carlyson Régio e Smyth Trotsk, amo vocês, eterna equipe fumaça;

Aos amigos da residência universitária onde constitui uma verdadeira família, em especial, Erik Gomes, Allan Keys, Jonathan Bernardo, Arthur Andrade, Guilherme Ferreira, Carlos Eduardo, Wesley Santos e todos os demais;

A Universidade Federal de Campina Grande, Campus Pombal, um agradecimento especial à divisão social pelo acesso a residência estudantil e restaurante universitário;

Aos governos de Lula e Dilma pelas políticas de expansão do ensino superior e por acreditarem na educação como um instrumento transformador da sociedade, em tempos sombrios para educação brasileira é importante essa reflexão de que a educação é libertadora e promotora do desenvolvimento social e econômico de uma nação;

Aos amigos que me ajudaram incansavelmente, dando forças e palavras de incentivo, sendo porto seguro nos momentos mais difíceis, Afranio Jacinto, Claudvan dos Santos, Diogo Lima, Michel Douglas, Jaciel Santos, Ary Lindemberg, Cladielson Bernardo e Cledinildo Lopes;

Ao meu mentor espiritual, amigo, conselheiro, psicólogo, a pessoa que me entende com minhas imperfeições e sem julgamentos, Bàbá Silvano Ramos T'òsumàré;

A em Ecofertil Ltda pela disponibilidade dos produtos utilizados na condução do experimento;

A todo o corpo docente da UFCG, aos técnicos e terceirizados desta instituição, cada um de vocês foram importantes e peças fundamentais na minha formação. Um agradecimento especial aos funcionários da Fazenda Experimental, aos funcionários do Restaurante Universitário e aos funcionários da Residência Universitária, Messias e Fran Urtiga;

MUITO OBRIGADO!

RESUMO

O milho é uma cultura de elevada expressão econômica para o Brasil e de grande importância social e cultural para região semiárida do Nordeste brasileiro. Um dos fatores limitantes a produção de milho nesta região é a escassez de água. As bactérias promotoras do crescimento de plantas (BPCP) tem se mostrado como alternativa viável e ecologicamente correta para superar o estresse hídrico em culturas de elevada exigência hídrica como o milho. Diante disto, objetivou avaliar desempenho produtivo da cultura do milho submetido a lâminas de irrigação e produtos atenuantes do estresse hídrico. O experimento foi conduzido na fazenda experimental da Universidade Federal de Campina Grande, localizada no município de São Domingos – PB. O delineamento utilizado foi em blocos ao acaso, em esquema de parcelas subdivididas onde as parcelas corresponderam a quatro lâminas de irrigação (40; 60; 80 e 100% da ETo) e as subparcelas a quatro produtos: C = Controle - sem aplicação de produto atenuante do estresse hídrico; P1 = Biobaci (*Bacillus subtilis*); P2 = No-Nema (*Bacillus amyloliquefaciens*) + Azokop (*Azospirillum brasiliensis*) e P3 = Produto da Empresa Ecofertil LTDA (contendo Co e Mo) com quatro repetições, perfazendo 16 parcelas e 64 subparcelas. Ao término do ciclo da cultura foi avaliada a eficiência do uso da água, peso de 100 grãos, produtividade e seus valores relativos. A utilização de No-Nema (*Bacillus amyloliquefaciens*) + Azokop (*Azospirillum brasiliensis*) aumentou a massa de 100 grãos e a produtividade sob elevada escassez hídrica, a eficiência no uso da água, produtividade relativa e massa de 100 grãos relativa apresentaram os melhores resultados sob escassez hídrica severa quando utilizado o produto contendo Co e Mo.

Palavras-Chave: biodisponibilidade de nutrientes, escassez hídrica, produtividade de milho, bactérias promotoras do crescimento de plantas.

ABSTRACT

Corn is a crop of high economic expression for Brazil and of great social and cultural importance for the semiarid region of Northeast Brazil. One of the factors limiting corn production in this region is water scarcity. Plant growth-promoting bacteria (BPCP) have been shown to be a viable and ecologically correct alternative to overcome water stress in crops with high water requirements such as corn. In view of this, it aimed to evaluate the productive performance of the corn crop submitted to irrigation depths and water stress attenuating products. The experiment was conducted at the experimental farm of the Federal University of Campina Grande, located in the city of São Domingos - PB. The design used was in randomized blocks, in a split plot scheme where the plots corresponded to four irrigation depths (40; 60; 80 and 100% of ETo) and the subplots to four products: C = Control - without product application attenuating water stress; P1 = Biobaci (*Bacillus subtilis*); P2 = No-Nema (*Bacillus amyloliquefaciens*) + Azokop (*Azospirillum brasiliensis*) and P3 = Product from Empresa Ecofertil LTDA (containing Co and Mo) with four replications, making 16 plots and 64 subplots. At the end of the crop cycle, water use efficiency, weight of 100 grains, productivity and their relative values were evaluated. The use of No-Nema (*Bacillus amyloliquefaciens*) + Azokop (*Azospirillum brasiliensis*) increased the mass of 100 grains and the productivity under high water scarcity, the efficiency in the use of water, relative productivity and relative mass of 100 grains presented the best results under severe water scarcity when using the product containing Co and Mo.

Keywords: nutrient bioavailability, water scarcity, corn productivity, plant growth-promoting bacteria.

SUMÁRIO

RESUMO.....	vii
ABSTRACT	viii
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE TABELAS	xi
1. INTRODUÇÃO.....	12
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
2.1 Aspectos gerais da cultura	14
2.2 Efeitos do estresse hídrico na cultura do milho.....	15
2.3 Irrigação por gotejamento e necessidades hídricas do milho.....	16
2.4 Bactérias promotoras do crescimento e o estresse hídrico.....	17
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	19
3.1 Localização e características climáticas.....	19
3.2 Tratamentos e delineamento estatístico.....	20
3.3 Sistema de cultivo	22
3.4 Manejo da irrigação.....	22
3.5 Variáveis avaliadas	24
3.6 Análise estatística	25
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
5. CONCLUSÃO	34
6. REFERÊNCIAS	35

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Temperatura máxima e mínima (°C) e umidade relativa máxima e mínima do ar (%) semanal do período de condução do experimento.....	19
Figura 2. Croqui detalhado da área experimental com milho verde. Espaçamento entre parcelas = 0,5 m; Espaçamento entre blocos = 2,0 m.....	21
Figura 3. Esquema de uma subparcela.....	22
Figura 4. Peso de 100 grãos em milho híbrido AG - 1051, sob influência de produtos atenuantes do estresse hídrico e lâminas de irrigação.....	26
Figura 5. Peso relativo de 100 grãos em milho híbrido AG - 1051, sob influência de produtos atenuantes do estresse hídrico e lâminas de irrigação.....	28
Figura 6. Produtividade de grãos de milho híbrido AG - 1051, sob influência de produtos atenuantes do estresse hídrico e lâminas de irrigação.....	30
Figura 7. Produtividade relativa de grãos de milho híbrido AG - 1051, sob influência de produtos atenuantes do estresse hídrico e lâminas de irrigação.....	31
Figura 8. Eficiência do uso da água em milho híbrido AG - 1051, sob influência de produtos atenuantes do estresse hídrico e lâminas de irrigação.....	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Atributos químicos e físicos do solo utilizado no experimento.....	20
Tabela 2. Descrição dos tratamentos correspondentes às subparcelas.....	20
Tabela 3. Valores de Kc utilizados no experimento durante o ciclo da cultura do milho.....	23
Tabela 4. Quadrados médios da análise de variância para peso de 100 grãos (P. de 100 g.), produtividade (Produção), eficiência do uso da água (EUA), produtividade relativa de 100 grãos (Prod. Rel. de 100 g.) e produtividade relativa (Produção Relativa).....	25

1. INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) apresenta relevância econômica e social no Brasil, e sua importância para humanidade está relacionado principalmente pelo seu potencial para obtenção de rendimento, valor nutricional e pelas variadas formas de utilização tanto como grãos secos ou espigas verdes. Na região do Nordeste brasileiro, o cultivo de milho tem se tornado uma fonte promissora de renda para os pequenos agricultores, graças à sua possibilidade de lucratividade e sua diversidade de uso (RIBEIRO, 2017).

Na região semiárida brasileira, os sistemas agrícolas enfrentam dificuldades para expressarem e atingirem o seu máximo potencial produtivo, isto se deve a fatores climáticos típicos da região, tendo destaque para altas temperaturas e baixas precipitações, resultando em secas prolongadas. Somado a isso, muitos agricultores da região vivem a margem da pobreza, possuindo terra insuficiente, baixo capital e um aporte tecnológico deficiente (MARENGO et al., 2016).

O estresse hídrico é o fator abiótico que mais ocasiona perdas na produção de milho, uma vez que plantas de milho apresentam alta sensibilidade ao déficit hídrico (BALDO, 2007). Estima-se que mais de 90% da produção de milho ao redor do mundo é em sistema de sequeiro, e as perdas anuais em produtividade é entorno de 15% do rendimento total (ABREU, 2013).

A irrigação é uma tecnologia estratégica na produção de alimentos. A sua principal finalidade é disponibilizar água às culturas na quantidade certa e no momento adequado. A utilização de sistemas de irrigação e a otimização no uso da água são fatores de grande importância principalmente em regiões que apresentam longos períodos de escassez de chuvas, pois podem proporcionar maior eficiência de uso da água, aumentando o rendimento da cultura, proporcionando maior retorno econômico. Assim, o uso de sistemas de irrigação mais eficientes, como o gotejamento, torna-se cada vez mais importante (RIBEIRO, 2017).

Considerando a escassez de água em regiões semiáridas, além da otimização da lâmina de irrigação, é necessário desenvolver estratégias para atenuar os efeitos do estresse hídrico em culturas como o milho. Dentre estas estratégias têm sido mencionado às bactérias promotoras do crescimento de plantas (CHANDRA et al., 2018).

As bactérias promotoras do crescimento de plantas (BPCP) fazem parte de um amplo grupo de microrganismos que podem ser benéficos, patogênicos ou inócuos, ao redor do mundo já existem diversos produtos sendo comercializada a base desses microrganismos (GODOY, 2020). A utilização dessas bactérias tem sido amplamente difundida na inoculação em sementes ou biofertilizantes, com a intenção de diminuir custos, aumentar o desenvolvimento e crescimento das espécies e diminuir os impactos ambientais causados por fertilizantes minerais (MARIANO et al., 2013). Estudos recentes apontam essas bactérias como condicionantes das plantas a agentes estressores, mantendo o crescimento e o ganho produtivo mesmo em situação de déficit hídrico (CHANDRA et al., 2018).

A crescente elevação de custos econômicos pelo uso dos insumos tem suscitado estudos para determinar a quantidade que proporciona a máxima receita líquida da produção agrícola levando ao desenvolvimento de formas alternativas de produção que proporcione menor dano ao meio ambiente e menores custos de produção, com maior sustentabilidade para a atividade agrícola (OLIVEIRA et al., 2012).

Diante disto, objetivou avaliar desempenho produtivo da cultura do milho submetido a lâminas de irrigação e produtos atenuantes do estresse hídrico.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Aspectos gerais da cultura

O milho (*Zea mays* L.) é uma cultura pertencente à família Poaceae, tendo seu centro de origem nas regiões de planície no sudoeste do México, sendo seu ancestral selvagem o Balsas teosinte (*Z. mays* subsp. *Parviglumis*) (MORRISON, 2016). Quando verde pode ser comercializado em conserva ou enlatado (processamento industrial), desidratado ou consumido in natura, congelado na forma de espigas ou grãos, como baby corn ou minimilho se colhido antes da polinização (SOUZA et al., 1990), os grãos podem ser consumidos secos, em forma de farelos, farinhas e amido.

As plantas de milho apresentam como uma estrutura folhosa de sistema radicular fibroso de raízes fasciculadas e apresentam raízes adventícias, de uma única brotação com muitas folhas lanceoladas e um ramo lateral que termina em uma inflorescência feminina (escrevi com base no meu conhecimento sobre a cultura). Na parte superior da planta desenvolve uma inflorescência masculina que cotem os grãos de pólen. O grão de milho é constituído de três partes, pericarpo, endosperma e germe (GARCÍA-LARA; SERNA-SALDIVAR, 2019).

O milho destaca pela sua importância entre os cereais produzidos no mundo, sendo uma grande fonte alimentar e nutricional para as mais diversas populações ao redor do globo, uma cultura que representa 38% da produção de cereais mundial (FAO, 2017).

O crescimento e desenvolvimento do milho é dividido em dois estádios, vegetativo e reprodutivo. Cada um dos estádios da fase vegetativa é caracterizado com a formação do colar na inserção da bainha da folha com os colmos, o estádio reprodutivo é dividido em seis, em que ocorre a formação e o desenvolvimento da espiga (MAGALHÃES, 2006).

As plantas de milho possuem um mesmo padrão em seu desenvolvimento, porém, o intervalo de tempo específico entre os estádios de desenvolvimento e o número total de folhas e espigas desenvolvidas podem variar de acordo com o ano agrícola, híbridos distintos, data de plantio, local e variáveis climáticas (GARCÍA-LARA; SERNA-SALDIVAR 2019).

2.2 Efeitos do estresse hídrico na cultura do milho

A disponibilidade hídrica e a seca estão entre uma das principais preocupações das mais diversas lideranças mundiais ao redor do globo. Estudos conduzidos sobre tolerância ao déficit hídrico têm sido estratégicos, pois este é, o estresse abiótico de maior complexidade sobre as culturas, sendo considerado o efeito que mais limita as produções agrícolas (PATERNIANI, 2012).

Na cultura do milho, a seca e o déficit hídrico, tem causado prejuízos ao rendimento da cultura, podendo levar a perdas severas de até 100% na produtividade de grãos. Barker e colaboradores (2005) destacam que as perdas médias anuais na produtividade em regiões temperadas são de 15% e 17% em regiões tropicais. Neste sentido, mesmo nas regiões mais chuvosas do Brasil, pode haver perdas de produtividade, quando se considera a segunda safra ou “milho safrinha” em virtude de maiores instabilidades climáticas e períodos deficitários de regimes hídricos (HEINEMANN, et. al., 2009).

Além das perdas em produção e produtividade, o estresse abiótico causado pelo déficit hídrico, tem causado na cultura do milho perdas em produção de massa fresca e seca das plantas, altura e diâmetro dos colmos, danos causados no aparato fotossintético têm reduzido à fotossíntese causada pelo decréscimo da expansão celular (YAN, 2015).

Santos et al. (2014) destacam que a água interfere em todas as fases do desenvolvimento da cultura, e que as plantas podem ser cultivadas em condições de sequeiro que seja no período chuvoso de cada região, ou adotando sistema de irrigação no período seco do ano com intenção de diminuir os efeitos deletérios do déficit hídrico.

A nutrição da planta é amplamente afetada em função de umidade deficitária do solo, estando à água como fator de equilíbrio da nutrição das espécies vegetais. A disponibilidade de água influencia na absorção e disponibilidade de nutrientes na planta e no solo, fundamental para os processos metabólicos, regulando a absorção de nutrientes minerais do solo, trocas gasosas e translocação entre órgãos da planta (MARTINS et al., 2014).

2.3 Irrigação por gotejamento e necessidades hídricas do milho

A irrigação por gotejamento apresenta várias vantagens, dentre as quais se podem destacar: maior eficiência no uso da água, maior eficiência na aplicação de fertilizantes, redução nos gastos com energia e mão-de-obra e possibilidade de 15 automações (BOAS, et. al., 2011). Além disso, a irrigação por gotejamento também pode ser utilizada abaixo da superfície do solo, sendo conhecida como gotejamento subsuperficial (Barros, et. al., 2009). Esse sistema não tem sido muito utilizado para a irrigação da cultura do milho no Brasil, com exceção de algumas pequenas áreas (ANDRADE, 2012). Porém, nos Estados Unidos, já existem extensas áreas comerciais cultivadas com milho irrigado pelo sistema de gotejamento subsuperficial (AYARS et al., 2015).

Com o aumento dos preços dos insumos e com a escassez dos recursos hídricos e mão-de-obra há necessidade cada vez maior em aumentar a eficiência na produção do milho, esses ganhos com eficiência devem ser obtidos com a melhoria nas práticas de manejo e tecnologia. O milho necessita de uma boa umidade do solo para obter uma melhor produtividade (RIBEIRO, 2017). Com a expansão do plantio de milho em regiões mais áridas e com solos menos férteis, a solução para uma expansão de forma segura é a utilização da irrigação de forma eficiente (BERGONCI et al., 2001).

O conhecimento do consumo hídrico de uma cultura durante seu ciclo é de bastante importância para o dimensionamento de projetos e manejo dos sistemas de irrigação, contribuindo para aumentar a produtividade e otimizar a utilização dos equipamentos de irrigação, da energia elétrica e dos recursos hídricos (SANTOS et al., 2014).

Santos et al. (2014) constataram que a evapotranspiração total da cultura (ETc) do milho foi de 300,54 mm para um ciclo de 77 dias, com valor médio diário de 3,90 mm, valor mínimo de 1,94 mm e valor máximo próximo a 5,68 mm, valor esse obtido na fase de floração. Para Blanco et al. (2009) observaram que a máxima produção de espigas, com e sem palha, foram obtidas com a aplicação de 465 e 467 mm de água, respectivamente, valores bem próximos da evapotranspiração de 450 mm obtida por Cardoso et al. (2002), em Teresina. O peso médio das espigas cresceu linearmente com a lâmina de irrigação; os pesos médios, mínimo e máximo obtidos de espigas

com palha foram de 192 e 399 g, e sem palha de 112 e 284 g, respectivamente.

2.4 Bactérias promotoras do crescimento e o estresse hídrico

Os microrganismos que estão associados às espécies vegetais podem desempenhar efeitos benéficos, prejudiciais ou inócuos. Comumente denominadas de bactérias promotoras do crescimento de plantas (BPCP), estão às bactérias que promovem efeitos benéficos as plantas hospedeiras. As primeiras descobertas destes microrganismos nos remetem ao ano de 1890 por Hellriegel (1831-1895) que observou a capacidade de plantas leguminosas em fixarem nitrogênio atmosférico através dos nódulos de suas raízes (GODOY, 2020).

No Brasil, estudos pioneiros foram desenvolvidos pela pesquisadora Johanna Dobbereiner (1924-2000) que identificou bactérias associativas fixadoras de Nitrogênio em gramíneas, percebendo que algumas plantas permaneciam verdes mesmo sem adubação nitrogenada mineral (Dobbereiner, 1966). Existem diversas BPCP, porém as mais conhecidas incluem membros do gênero *Azospirillum*, *Bacillus*, *Paenibacillus*, *Pseudomonas*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Burkholderia*, *Serratia*, *Gluconacetobacter*, *Herbaspirillum*, *Azoarcus* e *Arthrobacter*, sendo que algumas delas são encontradas na superfície das raízes enquanto outras invadem os tecidos das plantas, sem ocasionar sintomas aparentes de doença, quando são conhecidas como endofíticas (ROSENBLUETH & MARTINEZ-ROMERO, 2006; HARDOIM et al., 2008).

Entre os tipos mais estudados de bactérias diazotróficas, o *Azospirillum* é destacado por seus efeitos positivos no desenvolvimento radicular, absorção de água e nutrientes e realizar a fixação biológica de nitrogênio (FBN), quando associado a gramíneas (QUATRIN et al., 2019). Contudo, Aquino et al. (2019) estudando Bactérias endofíticas promotoras de crescimento de plantas em milho e sorgo constataram que os isolados (IPACC26) e (IPACC30), ambos identificados como *Bacillus subtilis* têm melhor efeito sobre o acúmulo de nitrogênio no milho.

As rizobactérias promotoras de crescimento vegetal (RPCV) estão associadas às estratégias de manejo que podem ser adotadas para amenizar os efeitos deletérios ocasionados pelo déficit hídrico (SOUZA et al., 2020).

Estas bactérias encontradas na rizosfera além de atuarem na promoção do crescimento das plantas, tornam instrumento de resistência a regimes hídricos deficitários pela comprovação de que as plantas possuem diversos mecanismos de resistência. Trabalho realizado por Souza et al.(2020) destacam os mecanismos mais relevantes adotados pelas plantas para o enfrentamento do déficit hídrico, tendo observado a otimização da fixação biológica de nitrogênio atmosférico, aumento na redutase do nitrato, produção de sideróforos e de hormônios vegetais como auxinas, citocianinas e giberelinas, solubilização do Fósforo lábil, passando-o para solução do solo e um aprimoramento do sistema antioxidante das plantas.

Essas bactérias (RPCV) podem prover a resistência a regimes hídricos deficitários pela produção de fitohormônios, exopolissacarídeos, compostos voláteis, modificações no sistema radicular das plantas, atividade da enzima 1-aminociclopropano1-carboxilato (ACC) desaminase e elevado acúmulo de osmólitos (Yang et al., 2009).

Casanovas et al. (2002) constataram que plantas de milho inoculadas com *Azospirillum brasilense* apresentou um maior teor relativo e absoluto de água quando comparadas com plantas que não receberam inoculação sob estresse hídrico, o inoculante com esta RPCV reduziu o potencial hídrico, mas aumentou o crescimento do sistema radicular, biomassa vegetal, maior área foliar e prolina nas raízes e parte aérea.

A utilização na agricultura das bactérias promotoras de crescimento de plantas tem se mostrado importante na busca de uma agricultura mais sustentável e cause menor dano ao meio ambiente (MARQUES, 2019). Estes microrganismos tem sido atraente devido o baixo custo e ecologicamente viável para aumentar a disponibilidade de água e nutrientes do solo (PRASAD et al., 2019). Estas bactérias têm são uma alternativa para que as plantas possam superar o déficit hídrico, promovendo um maior crescimento do sistema radicular, podendo as plantas explorem um volume de solo maior, raízes laterais maiores e um maior número de tricomas (VACHERON et al., 2013).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e características climáticas

A pesquisa foi desenvolvida em campo na fazenda experimental Rolando Enrique Rivas Castellón pertencente ao Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar – CCTA da UFCG, localizada na mesorregião do Sertão Paraibano e microrregião de Sousa, no município de São Domingos – Paraíba. O clima, segundo a classificação de Köppen adaptada ao Brasil, é do tipo tropical semiárido (Bsh), com temperatura média anual superior a 26,7°C (Figura 1), e precipitação pluviométrica média anual de 872 mm (COELHO & SONCIN, 1982). Durante a condução do experimento a precipitação foi de 0 mm.

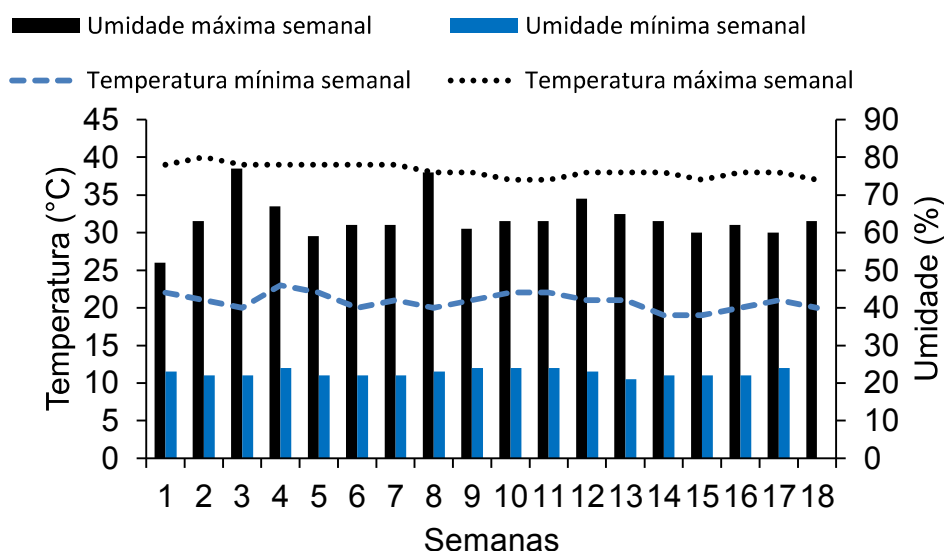


Figura 1. Temperatura máxima e mínima (°C) e umidade relativa máxima e mínima do ar (%) semanal do período de condução do experimento.

Antes da instalação do experimento foi coletada uma amostra composta de solo da área, a partir de 15 amostras simples, obtidas aleatoriamente na camada de 0 a 20 cm. O solo da área, classificado como Neossolo Flúvico (EMBRAPA, 2018), foi analisado quanto aos atributos químicos e físicos (Tabela 2) no Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas do CCTA/UFCG, conforme metodologia descrita em Embrapa (2012).

Tabela 1. Atributos químicos e físicos do solo utilizado no experimento

Atributos químicos	Valor	Atributos físicos	Valor
pH (CaCl ₂)	5,61	Areia (gkg ⁻¹)	443,9
P (mg kg ⁻¹)	166	Silte (gkg ⁻¹)	353,1
K ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	1,07	Argila (gkg ⁻¹)	203,0
Na ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,20	Ds (g cm ⁻³)	1,36
Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	6,26	Dp (g cm ⁻³)	1,34
Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	4,23	Porosidade (m ³ m ³)	0,42
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	1,49	Classe textural	Franco
M.O. (g kg ⁻¹)	13,71	-	-
V (%)	89,5	-	--
PST (%)	1,4	-	-

P, K⁺ e Na⁺: Extrator Mehlich 1; H⁺+Al⁺³: Extrator acetato de Ca⁺² 0,5 mol/L a pH 7; Ca⁺², Mg⁺²: Extrator KCl 1mol L⁻¹.

3.2 Tratamentos e delineamento estatístico

O delineamento utilizado foi em blocos ao caso, em esquema de parcelas subdivididas. As parcelas foram constituídas por quatro lâminas de irrigação (L1 – 40%; L2 – 60%; L3 – 80% e 100% da ETc), e as subparcelas por três produtos (P1, P2 e P3) e um tratamento controle (C), conforme Tabela 3, em quatro blocos, perfazendo 16 parcelas e 64 subparcelas.

Tabela 2. Descrição dos tratamentos correspondentes às subparcelas

Tratamento	Descrição
C	Controle - sem aplicação de BPCP
P1	Biobaci (Bacillus subtilis BV-09) - 1,0 x 10 ⁸ UFC/mL
P2	No-Nema (Bacillus amyloliquefaciens-1,0 x 10 ⁹ UFC/mL) + Azokop (Azospirillum brasiliense - 1,8 x 10 ⁸ UFC/mL)
P3	Produto da Empresa Ecofertil LTDA contendo Co e Mo

Fonte: rótulo dos produtos, 2020

Os produtos referentes aos tratamentos P1, P2 e P3, foram aplicados em dose única de 5 L/ha, com base nas doses recomendadas por hectare foi feita a proporção de maneira a atender a área de cada subparcela, posteriormente os produtos foram diluídos em água e aplicados com um regador nas linhas de plantio. O produto P2 foi constituído da seguinte maneira: No-Nema 4 L/ha + Azokop 1 L/ha.

A área experimental foi constituída de 48 m de comprimento por 29 m de largura, totalizando 1.392 m² (Figura 2). Em cada bloco foram fixadas quatro parcelas, correspondentes as parcelas, com 12 m de comprimento por 5,4 de largura, totalizado 64,8 m² (Figura 3). Dentro de cada parcela foi formado quatro subparcelas, correspondentes ao segundo fator, cada uma com 5,4 m de comprimento e 3 m de largura, totalizando 16,2 m². As subparcelas foram constituídas por quatro linhas de plantio de 3 m de comprimento e 0,4 m de largura, espaçadas de 1,2 m, totalizando (Figura 2).

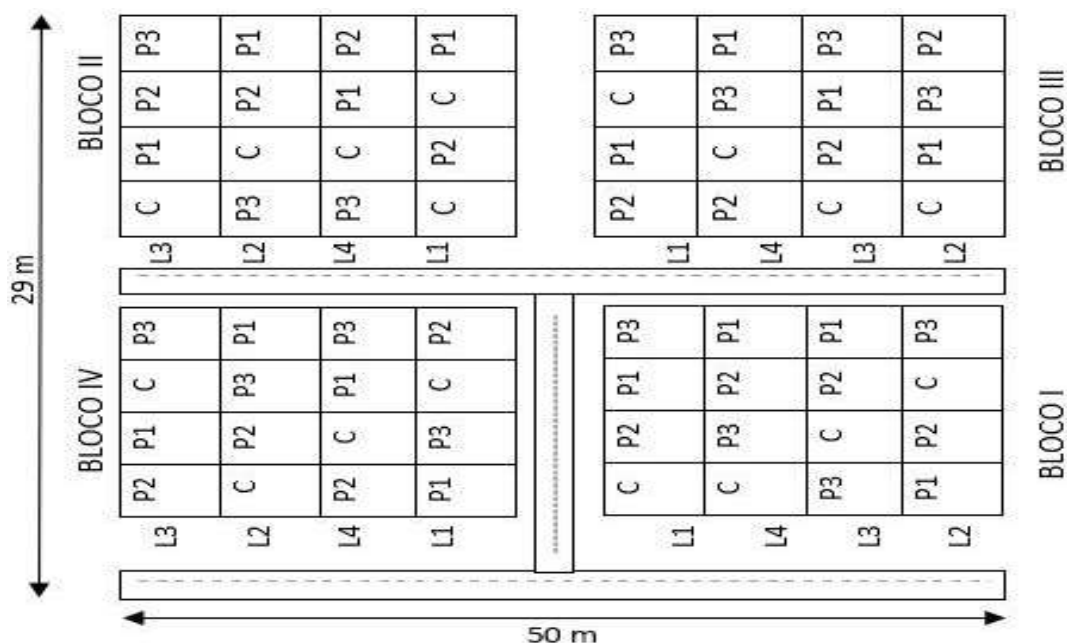


Figura 2. Croqui detalhado da área experimental com milho verde. Espaçamento entre parcelas = 0,5 m; P1; P2 e P3 são os produtos a serem testados e C o tratamento controle. L1; L2; L3 e L4 são as lâminas de irrigação (L1= 40; L2 = 60; L3 = 80 e L4 = 100% da ETo).

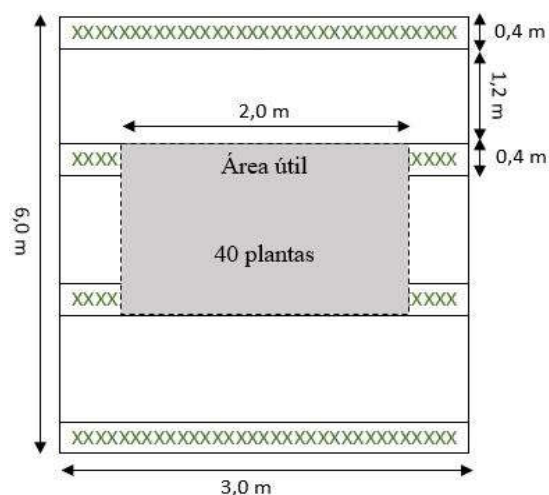


Figura 3. Esquema de uma subparcela.

3.3 Sistema de cultivo

No preparo do solo foram realizadas duas gradagens, sendo a primeira pesada e a segunda leve antes da semeadura, objetivando a desagregação e nivelamento do solo, posteriormente efetuou a abertura dos sulcos.

O genótipo utilizado foi o híbrido de milho AG - 1051, da empresa Agrocerec com tecnologia VT PRO 2, o plantio foi realizado manualmente em agosto de 2019 (período seco), depositando uma semente por cova de 0,2 m entre plantas.

3.4 Manejo da irrigação

O sistema de irrigação adotado foi por gotejamento, com espaçamento de 0,50 m entre os gotejadores e vazão de 2 L h^{-1} . Após a germinação, as plantas foram irrigadas seguindo os diferentes níveis de lâminas de água.

Os testes de uniformidade de aplicação de água foram realizados de acordo com a metodologia de avaliação do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), proposto por Christiansen (1942).

O controle do volume de água fornecido em cada lâmina foi feito de acordo com a razão da vazão dos gotejadores pelo tempo para atingir as proporções da evaporação de referência (ET_c). À medida que se atingiu o intervalo de tempo para cada volume das respectivas lâminas foi feito os

sucessivos desligamentos das fitas de gotejadores, correspondentes a cada lâmina.

A irrigação aplicada correspondeu a 40, 60, 80 e 100% da ET_c, conforme a equação 1 (JESEN, 1968).

$$ET_c = k_c \cdot ET_o$$

Em que:

ET_c: Evapotranspiração da cultura (mm);

ET_o: Evaporação de referência (mm);

K_c: Coeficiente de cultura (adimensional).

Os valores de K_c utilizados (Tabela 4) durante o ciclo da cultura foi estimado com base em dados da Organização das Nações Unidas Para a Alimentação e a Agricultura (FAO) de pesquisas com cultura do milho em região semiárida (EMBRAPA, 2007; ALMEIDA et al., 2013; SANTOS et al., 2014).

Tabela 3. Valores de K_c utilizados no experimento durante o ciclo da cultura do milho.

Fase	Valor de K _c
Inicial	0,13
Fase vegetativa	0,55
Florescimento	1,00
Fase reprodutiva	1,20
Fase final	0,90

Fonte: Autor, 2020

Os valores de ET_o, estimados pelo modelo de Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998), foram obtidos durante a condução experimental da estação meteorológica do município de São Gonçalo, Paraíba, mais próxima ao local do experimento. Para determinação do KI médio, foi utilizada a média de quatro valores de coeficiente de localização (KI), que dependem do valor da fração de área sombreada pelo cultivo de acordo com o desenvolvimento das plantas.

3.5 Variáveis avaliadas

Por ocasião da colheita foram avaliados o peso absoluto e relativo de 100 grãos, a produtividade absoluta e relativa de grãos e a eficiência de uso da água.

A colheita do milho foi realizada em áreas úteis das parcelas, descartando as linhas externas e 1,0 m das extremidades das linhas centrais (bordadura). Foram colhidas 10 espigas em cada subparcela, assim que apresentou sua completa maturação. Após a colheita, os grãos foram colocados em estufa a 105°C para a obtenção da umidade (Brasil, 2009), cujo valor médio foi de 24,9% de umidade. Para a obtenção das variáveis massa de 100 grãos e produtividade, a umidade dos grãos foi corrigida para 13%.

Para cada lâmina de irrigação, o peso relativo de 100 grãos (P100G Rel) foi obtido pela reação entre a massa de 100 grãos obtida num determinado tratamento secundário (Pn) e o tratamento controle (C), conforme a seguinte expressão:

$$P100GRel = \frac{P100G \text{ em } Pn}{P100G \text{ em } C} \times 100$$

A produtividade em kg/ha foi determinada a partir do peso de 10 espigas, extrapolando-se o valor para hectare, considerando uma população de 55.000 plantas/ha.

Para cada lâmina de irrigação, a produtividade relativa (PR) foi obtida pela reação a produtividade (PROD) obtida num determinado tratamento secundário (Pn) e o tratamento controle (C), conforme a seguinte expressão:

$$PR = \frac{PROD \text{ em } Pn}{PROD \text{ em } C} \times 100$$

A eficiência de uso da água (EUA) foi obtida através da relação entre a produtividade de grãos (kg ha^{-1}) e lâmina de água aplicada (% da ETo) durante o ciclo da cultura em cada tratamento de acordo com a seguinte expressão:

$$EUA = \frac{\text{Produtividade de grãos (kg/ha)}}{\text{Lâmina de água (mm)}}$$

3.6 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância e de regressão polinomial e teste de médias (Tukey) ao nível de 5%, utilizando-se programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a análise de variância, o peso de 100 grãos sofreu efeito da interação entre as lâminas de irrigação e os produtos testados, mas não destas fontes de variação de forma isolada (Tabela 5). O peso relativo de 100g, por outro lado, sofreu influência da interação entre as lâminas de irrigação e os produtos testados e das lâminas de irrigação de forma isolada, mas não dos produtos de forma isolada. As variáveis produtividade, produtividade relativa e eficiência do uso da água foram influenciadas pelas lâminas de irrigação e pelos produtos testados de forma isolada e pela interação entre estas fontes de variação (Tabela 5).

Tabela 4. Quadrados médios da análise de variância para peso de 100 grãos (P100G), produtividade, eficiência do uso da água (EUA), peso relativo de 100 grãos (P100G Rel) e produtividade relativa (ProdutRel).

FV	GL	P100G	Produtividade	EUA	P100G Rel	ProdRel
Bloco	3	5,01 ^{ns}	4495122,39 ^{ns}	1299,91 ^{ns}	120,56 ^{ns}	546,40 ^{ns}
Lâmina (L)	3	3,96 ^{ns}	23119858,15 ^{**}	15996,11 ^{**}	426,42 ^{**}	12862,55 ^{**}
Erro 1	9	5,43	1254615,07	313,54	212,48	2296,69
Produtos (P)	3	1,17 ^{ns}	13686681,63 ^{**}	4473,71 ^{**}	25,53 ^{ns}	5732,22 ^{**}
L x P	3	10,67 ^{**}	6906777,23 ^{**}	2581,43 ^{**}	163,31 [*]	2424,76 ^{**}
Erro 2	36	3,17	1724159,40	413,80	46,01	470,47
CV 1 (%)	-	8,94	14,03	14,46	14,38	37,38
CV 2 (%)	-	6,82	16,45	16,61	6,69	16,92

Pela análise de regressão, o peso de 100 grãos, quando se utilizou o produto Biobaci, ajustou ao modelo quadrático em função das lâminas de irrigação (Figura 4). Para os demais produtos e o tratamento controle, não

houve ajuste adequado de curvas de regressão. O produto Biobaci associado a uma lâmina de irrigação de 100% da ETo forneceu o maior peso de grãos (29,1 g/planta), o qual foi similar ao obtido com o produto Co+Mo, mas superior ao tratamento controle e ao produto Nomena+Azokop, independentemente da lâmina de irrigação.

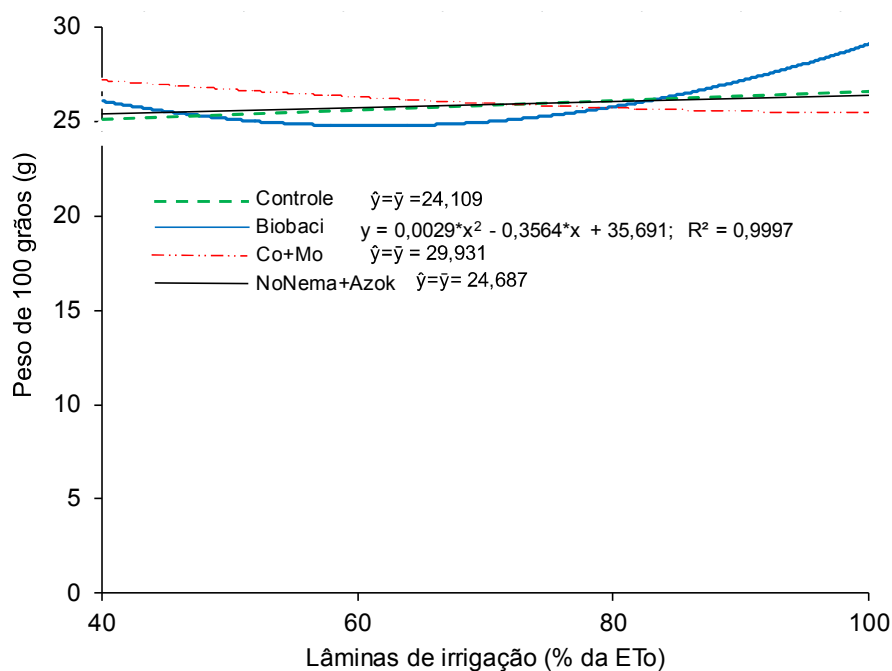


Figura 4. Peso de 100 grãos em milho híbrido AG - 1051, sob influência de produtos atenuantes do estresse hídrico e lâminas de irrigação.

Chen et al. (2007) observaram que *Bacillus amyloliquefaciens* estimulam a produção da enzima amilase em plantas de milho, a qual é responsável pela quebra do amido em compostos de carboidrato. Após essa quebra em função de processos metabólicos realizados pela planta, este é transloucado para os grãos. Cerca de 70% da totalidade do grão de milho é composta por amido, sendo assim, o peso dos grãos são influenciados, pois quanto maior a quantidade de amido, conseqüentemente maior a massa dos grãos (PAES, 2006).

Resultados semelhantes ao encontrado no tratamento utilizando o produto Biobaci foram encontrados no tratamento com utilização de Co+Mo. O molibdênio apresenta função associada ao metabolismo do nitrogênio, de

maneira que sintomas de deficiência de um nutriente se confundem com a do outro, esse aspecto se deve ao molibdênio se relaciona as enzimas redutase do nitrato e nitrogenase (TEIXEIRA, 2006).

Caioni et al. (2016) avaliando doses de molibdênio e nitrogênio na cultura do milho encontraram crescimento linear para a massa de 1.000 grãos. Os autores atribuíram esse efeito ao fato deste micronutriente contribuir no metabolismo do nitrogênio e quando as plantas recebem nutrição adequado deste nutriente tendem a elevar a massa dos grãos.

Em relação ao cobalto, para a cultura do milho existem poucos estudos no Brasil. Jaleel et al. (2009) observaram que quando as plantas de milho receberam adubação com cobalto ocorreu m incremento no número de grãos e um aumento expressivo na quantidade de proteínas. Estes resultados corroboram com os encontrados por Gad et al. (2012) que registraram um aumento no número de grãos e na produtividade da cultura do milho e soja quando adubados via foliar, com sulfato de cobalto. Ferreira et al. (2001) observaram um aumento de 3% no teor de proteínas em grãos de milho quando adubado com cobalto. Efeito que provoca um maior enchimento de grãos e conseqüentemente maior massa.

Em relação ao controle, maiores valores de peso relativo de 100 grãos ocorreram aplicando o produto Biobaci com irrigação a 100% (grãos 13,8% mais pesados que o controle) seguido do No-Nema+Azokop a 60% de irrigação (12,3% mais pesados) (Figura 5). Nas lâminas de 40% e 80% da ETo, os

produtos testados não influenciaram o peso relativo de 100 grãos.

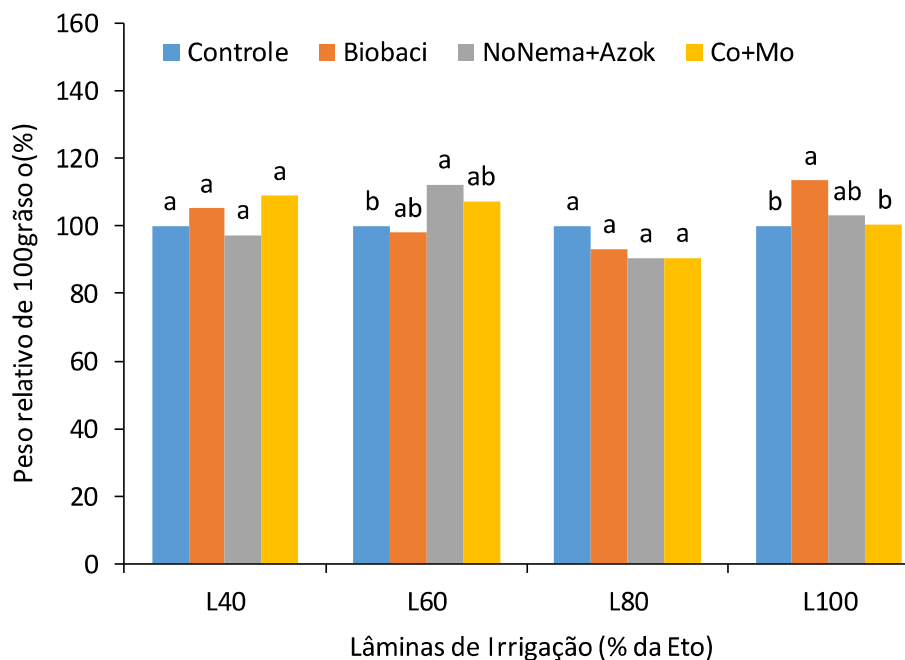


Figura 5. Peso relativo de 100 grãos em milho híbrido AG - 1051, sob influência de produtos atenuantes do estresse hídrico e lâminas de irrigação.

Araújo et al. (2005) observaram que BPCP da espécie *Bacillus subtilis* produzem fitohormônios durante seu desenvolvimento, sendo esses, estimulantes do desenvolvimento do sistema radicular. Ao constatar que BPCP *Bacillus subtilis* apresentam elevado potencial para o crescimento de plantas de trigo e cevada Canbolat et al. (2006) atribuíram esses ganhos a capacidade destas BPCP aumentarem a disponibilidade de nutrientes do solo. Sendo assim, este fato pode ser atribuído aos resultados encontrados no elevado peso relativo de grãos de milho sob influência duma lâmina de irrigação de 100% da ETo.

O tratamento com *Bacillus amyloliquefaciens* + *Azospirillum brasiliense*, apresentou peso relativo de 100 grãos superior ao controle, sendo semelhante ao tratamento com *Bacillus subtilis* utilizando lâmina de 100% da ETo. Em condição de déficit hídrico, plantas de milho inoculadas com estas BPCP tem a capacidade de produzirem um maior volume radicular, maior área superficial e crescimento elevado das raízes, podendo as plantas explorem uma maior área do perfil do solo, e, absorver mais nutrientes, mecanismos que as plantas

desenvolvem para superar ambiente de baixa disponibilidade hídrica e solos com baixa umidade. Marques (2019) constatou que sob regime de seca, plantas de milho inoculadas com *Azospirillum brasiliensis* podem atenuar os efeitos negativos do déficit hídrico, melhorando o desenvolvimento da parte aérea e absorção de nutrientes. Em condição de baixa disponibilidade hídrica esta BPCP tem potencial de beneficiar plantas de milho pela mineralização da matéria orgânica do solo, liberando nutrientes para solução do solo através de enzimas hidrólitas, aumentando a nutrição das plantas (Pill et al., 2015). Assim, podendo comprovar os resultados encontrados neste trabalho, que mesmo sob escassez hídrica as plantas de milho mantêm sua nutrição, beneficiando-se da biodisponibilização de nutrientes por estas BPCP, mantendo ganhos elevados em peso relativo de grãos mesmo em condição de estresse. Podendo ser esta uma estratégia promissora, contribuindo para elevados ganhos em produtividade em regiões de baixas precipitações, neste caso a região semiárida nordestina, contribuindo para o desenvolvimento local com tecnologia de baixo custo, alta rentabilidade e preocupação ambiental.

A produtividade aumentou significativamente com a elevação na lâmina de irrigação em todos os tratamentos ($p < 0,05$), exceto quando utilizado o produto Co+Mo ($p > 0,05$) (Figura 6). Nos tratamentos referentes aos produtos Biobaci e Nonema +Azokop a produtividade elevou linearmente com as lâminas de irrigação. A maior produtividade ($10.893 \text{ kg ha}^{-1}$) ocorreu aplicando-se o Biobaci e 100% de lâmina de irrigação. A segunda maior produtividade foi obtida utilizando-se NoNe ma+Azokop com irrigação a 100% da ETo ($10.194 \text{ kg ha}^{-1}$). No tratamento controle o efeito das lâminas de irrigação foi quadrático, com máxima produtividade (8.193 kg/ha) obtida na lâmina de 88% da Eto. Sob situação de estresse hídrico (40% da ETo) a produtividade no tratamento controle foi de 3.993 kg/ha , enquanto nos tratamentos referentes aos produtos Biobaci, Co+Mo e Nonema+Azokop, os valores foram de 6.524 kg/ha , 7.024 kg/ha e 6.786 kg/ha , respectivamente.

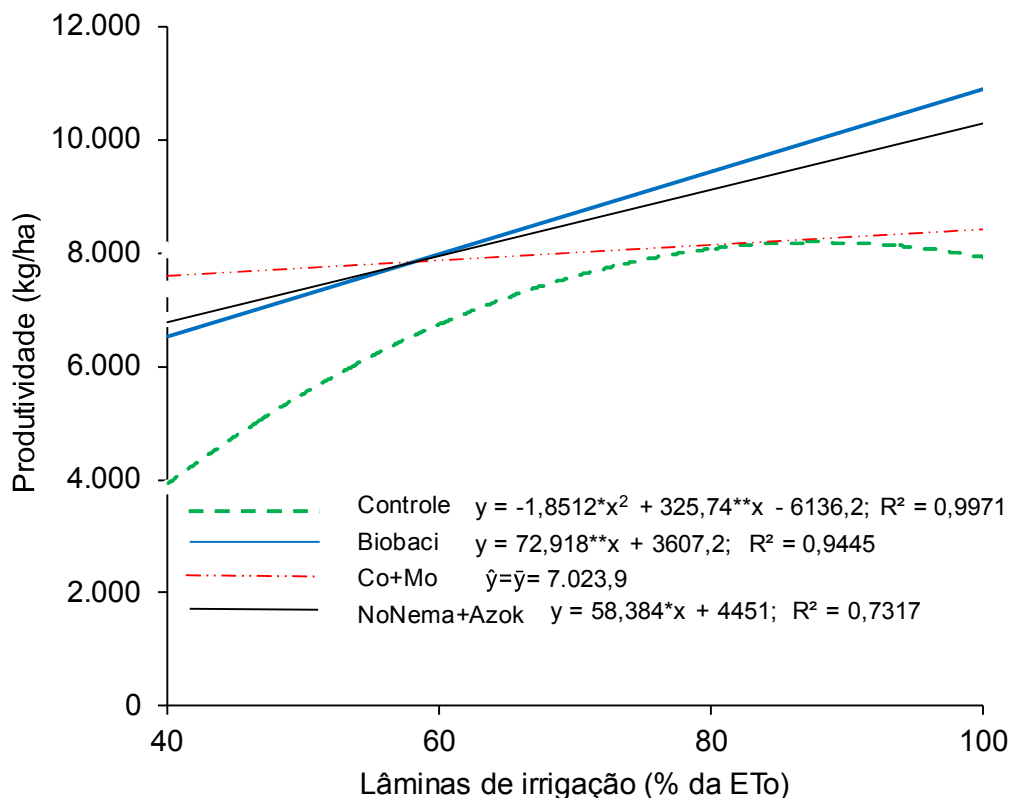


Figura 6. Produtividade de grãos de milho híbrido AG - 1051, sob influência de produtos atenuantes do estresse hídrico e lâminas de irrigação.

Os ganhos em produtividade foram expressivos quando se comparam a produtividade do tratamento utilizando *Bacillus subtilis* com o tratamento controle sob influência da lâmina de irrigação de 100% da ETo, com ganho de mais de 27% em produtividade. Este percentual foi ainda mais expressivo quando se compara com a produção da região Nordeste e a do Estado da Paraíba com valores de 77% e 92%, respectivamente. Estes resultados são corroborados pelos obtidos por Araújo (2008) que concluiu que a inoculação de sementes de milho com *Bacillus subtilis* melhora o crescimento e a nutrição da cultura. Da mesma forma, Lima et al. (2011) observaram melhor desenvolvimento da cultura e um ganho de 628 kg/ha em produtividade de grãos de milho quando comparado ao tratamento sem inoculação com essa BPCP somente com adubação nitrogenada.

Quando considerada a lâmina de irrigação de 40%, todos os tratamentos apresentaram elevada produção relativa ao controle (Figura 7). Ainda neste nível de lâmina, a maior produtividade relativa ocorreu com Co + Mo (108%

mais produtivo que o controle), seguido de No-Nema+Azokop (90,8% a mais) e Biobaci (77,3%). No entanto, todas as produtividades relativas decresceram com o aumento na lâmina de irrigação ($P < 0,05$), atingindo os menores valores na lâmina de 80%, após o que houve um leve aumento em todos os tratamentos.

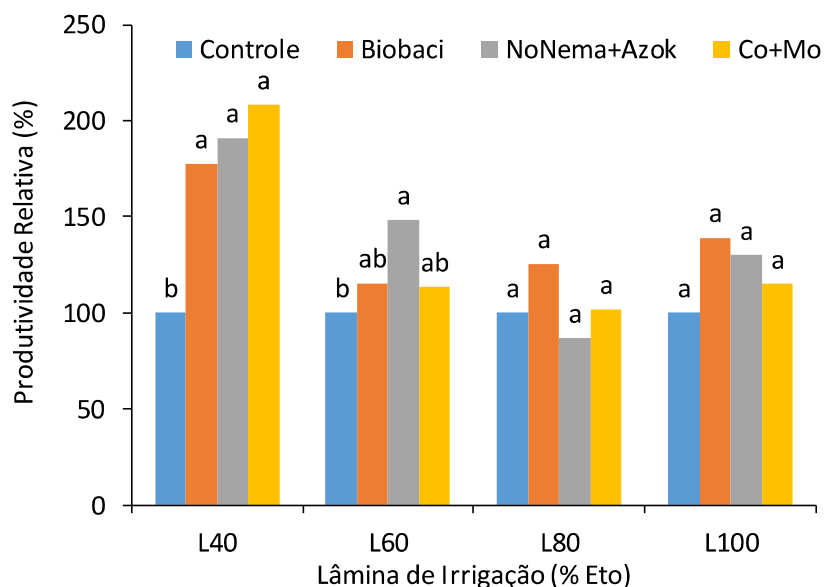


Figura 7. Produtividade relativa de grãos de milho híbrido AG - 1051, sob influência de produtos atenuantes do estresse hídrico e lâminas de irrigação.

O milho é uma cultura que apresenta diversos estudos de associação com bactérias fixadoras de nitrogênio. As plantas da família Poaceae não apresentam em seu sistema radicular nodulação com bactérias da FBN, mas estes microrganismos agem na assimilação do nitrogênio atmosférico em colonização da superfície radicular e/ou interior das raízes. Trabalho realizado por Cavalcanti (2016), concluiu que em duas áreas de cultivo de milho da região semiárida foram encontrados 405 isolados de bactérias e destes 30 e 19%, solubilizam fosfato e siderofóros, respectivamente. Assim, o tratamento com Co + Mo, pode ter sido beneficiado por essas bactérias, atuando diretamente na FBN, tendo um ganho em produtividade relativa sob efeito de severo déficit hídrico (lâmina de 40% da ETo).

O molibdênio interfere diretamente no desenvolvimento e crescimento da cultura do milho e, por estar intimamente ligado ao metabolismo do nitrogênio

auxilia em ganhos na produção de grãos (Taiz & Zeiger, 2008). Silva et al. (2011) obtiveram incrementos na produção de grãos sob efeito de adubação molíbdica, os autores destacam que esses ganhos em produção pode variar de um ano para o outro, sofrendo forte influencia pelo regime hídrico e outros fatores ambientais. Podendo assim, o molibdênio ter contribuído para altos ganhos em produtividade relativa sobre severa escassez hídrica.

Avaliando a aplicação de cobalto na cultura do milho Jaleel et al. (2009) observaram que houve um incremento no número de grãos por planta, crescimento radicular e aumento no teor de proteína nos grãos. Gad et al. (2012) estudando a aplicação de Co em plantas de milho e soja registraram aumento no número de grãos por planta e produtividade após aplicação de sulfato de Cobalto.

De maneira geral, a eficiência no uso da água caiu significativamente com o aumento da lâmina de irrigação em todos os tratamentos ($p < 0,001$), exceto no controle ($p > 0,05$) (Figura 8). A utilização de Co + Mo e uma lâmina de 40% permitiu a maior eficiência no uso da água ($201,5 \text{ kg mm}^{-1}$), seguidas do NoNema+Azokop (184 kg mm^{-1}) e Biobaci (171 kg mm^{-1}), ambos a 40% da ETo. As menores eficiências de todos os tratamentos ocorreram quando utilizado 100% de lâmina de irrigação, exceto no tratamento No-Nema+Azokop, cuja a menor eficiência ocorreu a 80% da ETo.

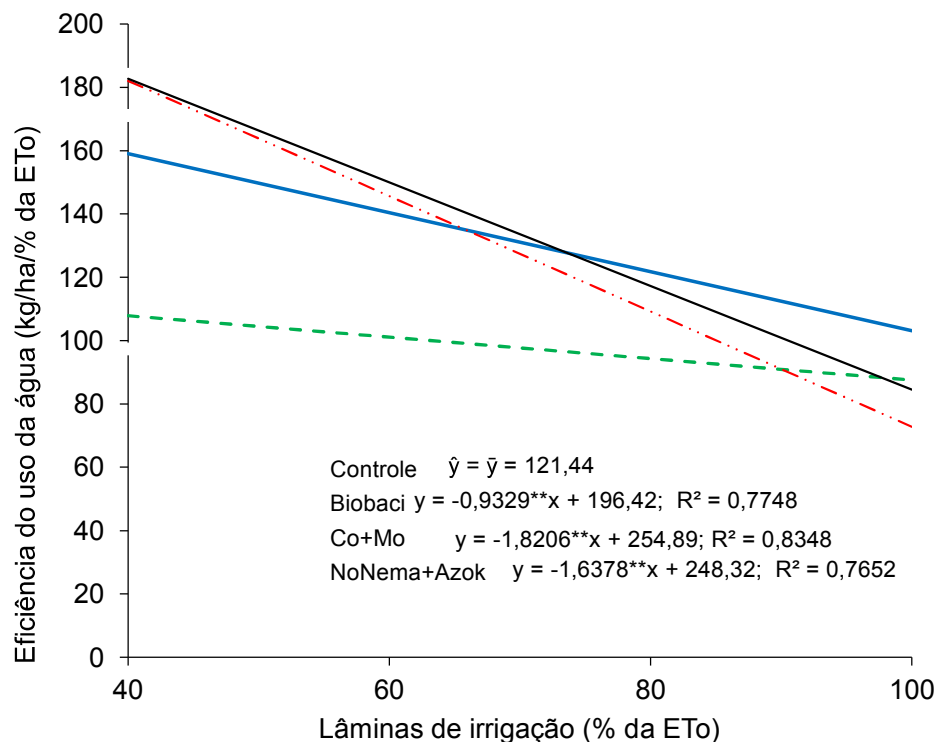


Figura 8. Eficiência do uso da água em milho híbrido AG - 1051, sob influência de produtos atenuantes do estresse hídrico e lâminas de irrigação.

A eficiência no uso da água é importante, pois permite mostrar a capacidade das plantas em assimilar CO_2 com a menor perda de água possível, provendo maior síntese de fotoassimilados e economia de água pelas espécies vegetais. Efeito que se deve ao fato das plantas em menor disponibilidade hídrica apresentaram uma maior eficiência no uso da água.

Sfredo & Oliveira (2010) destacam a importância do cobalto (Co) e Molibdênio (Mo) na fixação biológica de nitrogênio (FBN), sendo o Co componente da coenzima Cobamamida, precursora da leghemoglobina, o Mo é cofator da enzima nitrogenase, redutase do nitrito e atua no transporte de elétrons. Pereira 2019 observou que quando as plantas são submetidas ao estresse hídrico elas ativam mecanismos fisiológicos, atuando principalmente na rota fotossintética, conferindo uma maior eficiência no uso da água.

Marques (2019) utilizando *Azospirillum brasiliense* na inoculação de sementes de milho sobre influência do déficit hídrico constatou que as plantas inoculadas com essa BPCP apresentaram uma maior eficiência no uso da água. Esta EUA está relacionada a esta BPCP promover um ajuste osmótico

nos espaços simplásticos e/ou apoplástico da espécie (Kasim et al., 2013). Sendo assim, este processo é uma resposta das plantas de milho em mitigar a desidratação de seus tecidos sob influência de irrigação deficitária.

Em trabalho realizado por Silva (2019), utilizando cepas de BPCP *Bacillus amyloliquefaciens* em plantas de soja submetidas à restrição hídrica obtiveram resultados de maior EUA quando as plantas foram submetidas ao tratamento recebendo essa BPCP. Ao estudar três gêneros de *Bacillus* com objetivo de testar qual tinha maior condição de se desenvolver em solos com baixa umidade, Martins et al. (2018), inoculou essas BPCP em plantas de soja a fim de aumentar a EUA em condições de déficit hídrico e constatou que essas BPCP atenuavam os efeitos deletérios do déficit hídrico e melhoravam a EUA, resultado semelhante ao encontrado neste trabalho quanto utilizando BPCP em conjunto das espécies *Bacillus amyloliquefaciens* e *Azospirillum brasiliense*.

5. CONCLUSÃO

1. A massa de 100 grãos e produtividade apresentaram os maiores valores com o tratamento utilizando o produto Biobaci (*Bacillus subtilis*) sob influência da lâmina de 100% da ETo;
2. A utilização do produto No-Nema (*Bacillus amyloliquefaciens*) + Azokop (*Azospirillum brasiliensis*) sob influência de escassez hídrica (lâmina de 60% da ETo), é uma alternativa para ganho em massa de grãos e produtividade do milho na região semiárida;
3. O produto Co + Mo, quando aplicado em dose única de 5 L/ha, sob efeito de elevado déficit hídrico (lâmina de 40% da ETo), aumenta a EUA, massa relativa de 100 grãos e produtividade relativa.

6. REFERÊNCIAS

- ABREU, V. M. D. Seleção indireta para tolerância a seca em milho por meio de características agronômicas e de sementes. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 96 p. 2013.
- Allen RG, Pereira LS, Raes D. & Smith M. 1998. Evapotranspiração da cultura: Diretrizes para calcular os requisitos da cultura. Artigo de Irrigação e Drenagem No. 56, FAO, Roma, Itália.
- ANDRADE, E. M. G.; SILVA, H. S.; SILVA, N. S.; SOUSA JÚNIOR, J. R.; FURTADO, G. F. Adubação organomineral em hortaliças folhosas, frutos e raízes. Revista Verde, Pombal, v.7, n.3, p.7-11, 2012.
- AQUINO, DE J. P. A.; JUNIOR, DE F. B. M.; ANTUNES, J. E. L.; FIGUEIREDO, M.V. B.; NETO, F.A.; ARAÚJO, DE A. S. F. Bactérias endofíticas promotoras de crescimento de plantas em milho e sorgo. Pesquisa Agropecuária Tropical v. 49, p. 1 - 9, Goiânia. 2019.
- ARAÚJO, F. F. Inoculação de sementes com *Bacillus subtilis*, formulado com farinha de ostra e desenvolvimento de milho, soja e algodão. Ciência e agrotecnologia, Lavras, v.2, p. 456-462, 2008.
- AYARS, J. E.; FULTON, A.; TAYLOR, B. Subsurface drip irrigation in California - Here to stay. Agricultural Water Management, v. 157, p. 39-47, 2015.
- BALDO, M. N. Comportamento Anatômico, Fisiológico e Agronômico do Milho (*Zea mays* L.) Submetido a Estresses de Ambiente em Diferentes Estádios Fenológicos. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ. Piracicaba, SP. 92 p. 2007.
- Barker, T., H. CAMPOS, M. COOPER, D. DOLAN, G. EDMEADES, J. HABBEN, J. SCHUSSLER, D. WRIGHT, C. ZINSELMEIER, 2005. Improving drought tolerance in maize. pp. 173-253. In: J. Janick (Ed.), Plant Breed. Rev., Vol. 25. John Wiley Sons, Inc., New York.

BARROS, A. C., FOLEGATTI, M. V., SOUZA, C. F., & SANTORO, B. L. (2009). Distribuição de água no solo aplicado por gotejamento enterrado e superficial. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 13(6), 700-707.

BERGONCI, João Ito et al. Eficiência da irrigação em rendimento de grãos e matéria seca de milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 36, n. 7, p. 949-956, 2001.

BLANCO, Flávio F. et al. CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DO MILHO VERDE SOB LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E DOSES DE FÓSFORO: Crescimento e produção do milho verde sob lâminas de irrigação e doses de fósforo. *Horticultura Brasileira*, Brasília – DF, v. 27, n. 2, p.775-779, ago. 2009.

BOAS, R. C. V., PEREIRA, G. M., REIS, R. P., LIMA JUNIOR, J. A. D., & CONSONI, R. (2011). Viabilidade econômica do uso do sistema de irrigação por gotejamento na cultura da cebola. *Ciência e agrotecnologia*, 35 (4), 781-788.

Brasil. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. Departamento Nacional de Defesa Vegetal. Coordenação de Laboratório Vegetal. Regras para análise de sementes. Brasília: MAPA – SDA CGAL, 2009. 398p.

CAIONI, S., LAZARINI, E., PARENTE, T. de. L., PIVETTA, R.S., SOUZA, L. G. M. Nitrogênio e molibdênio para milho irrigado em região de cerrado de baixa altitude. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo* v. 15, p. 418-427, 2016.

CANBOLAT, M. Y; BILEN, S; ÇAKMAKÇI, R; ŞAHIN, F; AYDIN, A. Effect of plant growth-promoting bacteria and soil compaction on barley seedling growth, nutrient uptake, soil properties and rhizosphere microflora. *Biology and fertility of soils*, V42, 350-357, 2006.

CARDOSO, M.J.; MELO, F.B.; RIBEIRO, V.Q.; BASTOS, E.A. 2002. Produtividade de espigas verde de milho relacionada a níveis de nitrogênio,

densidade de plantas e a irrigação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 31. Anais... Salvador: SBEA. CDROM.

CASANOVAS, E. M.; BARASSI, C. A.; SUELDO, R. J. Azospirillum inoculation mitigates water stress effects in maize seedlings. Cereal Research Communications, v. 30, n. 3, p. 343-350, 2002.

CAVALCANTI, MARIA IDALINE PESSOA. "Seleção de bactérias promotoras de crescimento em milho cultivado no Semiárido obtidas por diferentes estratégias de isolamento." (2016), Dissertação de mestrado - UEPB.

CHANDRA, D. et al. Drought-tolerant Pseudomonas spp. improve the growth performance of finger millet (*Eleusine coracana* (L.) Gaertn.) under non-stressed and drought-stressed conditions. Pedosphere, v. 28, n. 2, p. 227-240, 2018.

CHEN, X. H., et al. Comparative analysis of the complete genome sequence of the plant growth-promoting bacterium *Bacillus amyloliquefaciens* FZB42. Nature biotechnology, 25(9), 2007.

CHRISTIANSEN, Jerald Emmett et al. Irrigation by sprinkling. Berkeley: University of California, 1942.

COELHO, M.A.; SONCIN, N.B. Geografia do Brasil. São Paulo: Moderna, 1982. 368p.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento de safra brasileira de grãos. Nono Levantamento de Grãos Safra 2018/2019, Brasília: Conab, 2019. p.72-81.

DÖBEREINER, JOHANNA. *Azotobacter paspali* sp. n., uma bactéria fixadora de nitrogênio na rizosfera de *Paspalum*. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 1, n. 1, p. 357-365, 1966.

FAO, F. A. A. O. FAOSTAT, FAO Statistical Databases. 2017.

FERREIRA, A. C. B.; ARAÚJO, G. A. A.; PEREIRA, P. R. G.; CARDOSO, A. A. Características agronômicas e nutricionais do milho adubado com nitrogênio, molibdênio e zinco. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v.58, n.1, p. 131-138, 2001.

Ferreira, Daniel Furtado. *Sisvar: a computer statistical analysis system*. *Ciência e Agrotecnologia (UFLA)*, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

GAD, N.; ABDEL-MOEZ, M. R.; KANDIL, H. Influence of Cobalt and Mycorrhizae Mediated Phosphorus on Some Higher Plants Growth and Yield. *Journal of Basic and Applied Scientific Research*, Cairo, v.2, n.11, p.11942-11951, 2012.

GARCÍA-LARA, S.; SERNA-SALDIVAR, S. O. Chapter 1 - Corn History and Culture. In: SERNA-SALDIVAR, S. O. (Ed.). *Corn (Third Edition)*. Oxford: AACCI International Press, 2019. p.1-18.

GODOY, Fernanda de Almeida. Identificação de bactérias promotoras de crescimento de trigo e seu impacto na comunidade bacteriana da rizosfera. (Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo), 2020.

HARDOIM, P. R.; VAN OVERBEEK, L. S.; ELSAS, J. D. Properties of bacterial endophytes and their proposed role in plant growth. *Trends in Microbiology*, Netherlands, v.16, n.10, p. 463–471, 2008.

HEINEMANN, Alexandre Bryan; STONE, Luis Fernando. Efeito da deficiência hídrica no desenvolvimento e rendimento de quatro cultivares de arroz de terras altas. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 39, n. 2, p. 134-139, 2009.

JALEEL, C. A.; JAYAKUMAR, K.; CHANG-XING, Z.; IQBAL, M. Low concentration of Cobalt Increases Growth, Biochemical Constituents, Mineral Status and Yield in *Zea mays*. *Journal of Scientific Research*, Rajshahi, v.1, n.1, p.128-137, 2009.

Jensen, Marvin E. "Consumo de água por plantas agrícolas (Capítulo 1)." (1968): 1-22.

Kasim WA, Osman ME, Omar MN, El-Daim IAA, Bejai S, Meijer J. 2013. Control of drought stress in wheat using plant-growth-promoting bacteria. *J Plant Growth Regul.* 32(1):122-130.

LIMA, F.F.; NUNES, L.A.P.L.; MARCIA DO V. B. FIGUEIREDO, M.V.B.; ARAÚJO, F.F.; LUCIANO M. LIMA, L.M.; ARAÚJO, A.S.F. Bacillus subtilis e adubação nitrogenada na produtividade do milho. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 6, 2011.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M. Fisiologia da Produção de Milho. *Circular Técnica - Embrapa*, p. 1-10, 2006.

MARENGO, J. A.; TORRES, R. R.; ALVES, L. M. Drought in Northeast Brazil - past, present and future. *Theoretical and Applied Climatology.* 20: 1-12, 2016.

MARIANO, R. L. R. et al. Importância de bactérias promotoras de crescimento e de biocontrole de doenças de plantas para uma agricultura sustentável. *Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica*, v. 1, p. 89-111, 2013.

MARQUES, DANIELE MARIA. Déficit hídrico e doses de nitrogênio na morfofisiologia e produção de genótipos de milho inoculados por *Azospirillum brasilense* / Daniele Maria Marques. - 2019.

MARTINS, L. D.; TOMAZ, M. A.; LIDON, F. C.; DAMATTA, F. M.; RAMALHO, J. C. Combined effects of elevated [CO₂] and high temperature on leaf mineral balance in *Coffea* spp. plants. *Climatic Change* 126: 365-379. (2014).

MARTINS, S. J. et al. Plant-associated bacteria mitigate drought stress in soybean. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 25, n. 14, p. 13676- 13686, 2018.

MORRISON, L. A. *Cereals: Domestication of the Cereal Grains.* p. 86-98, 2016.

PAES, M. C. D. Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2006.

PATERNIANI, M.E.A.G.Z.; BERNINI, C.S.; GUIMARÃES, P.S.; GALLO, P.B. Seleção de Progênies de Meios-Irmãos e Estimativas de Parâmetros Genéticos da População Tolerante à Seca de Milho IAC Tol 1. In: XXIX CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 29, 2012, Águas de Lindóia. Diversidade e inovações na era dos transgênicos: resumos...Campinas: Instituto Agronômico / Associação Brasileira de Milho e Sorgo, v.1, 2012. p. 3129-3134.

PEREIRA FILHO, Israel Alexandre et al. Milho Verde. 2019. Disponível em: <<https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONT000fy779fnk02wx5ok0pvo4k3c1v9rbg.html>>. Acesso em: 10 junho 2020.

PRASAD, M.; SRINIVASAN, R.; CHAUDHARY, M.; CHOUDHARY, M.; JAT, L. K. Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) for Sustainable Agriculture: Perspectives and Challenges. 2019. In: PGPR Amelioration in Sustainable Agriculture. p. 129-157, 2019.

QUATRIN, M. P.; OLIVO, C. J.; SIMONETTI, G. D.; BRATZ, V. F.; GODOY, G. L.; CASAGRANDE, L. G. Resposta do trigo de dupla finalidade à adubação nitrogenada e inoculação de sementes com *Azospirillum* brasileiro. Ciência e agrotecnologia. V. 43 Lavras. 2019.

RIBEIRO, Edgar Augusto de Sousa. Produção de Milho-verde Irrigado por Gotejamento em Teresina-PI. 2017. 82 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Agronomia, UFPI-PI, Teresina-PI, 2017.

ROCHA, LUIS BORGES et al. Adubação química e organomineral na cultura do milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 35., 2015, Natal-RN. Congresso. Natal-RN: SBCS, 2015. v. 32, p. 992 - 996. Disponível em: <<https://www.sbcs.org.br/cbcs2015/arearestrita/arquivos/992.pdf>>. Acesso em: 10 junho 2020.

ROSENBLUETH, M.; MARTÍNEZ-ROMERO, E. Bacterial endophytes and their interactions with hosts. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, México, v.19, n.8, p.827-837, 2006.

SANTOS, Wesley de Oliveira et al. COEFICIENTES DE CULTIVO E NECESSIDADES HÍDRICAS DA CULTURA DO MILHO VERDE NAS CONDIÇÕES DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO. *Irriga*, Botucatu, Botucatu-SP, v. 19, n. 4, p.559-572, set. 2014.

SFREDO, G. J.; OLIVEIRA, M. C. N. Soja: molibdênio e cobalto. 36 p. Londrina: Embrapa Soja, 2010. – (Documentos / Embrapa Soja, ISSN 2176-2937; 322).

Silva, Maria Clara de Andrade Pereira. "IMPACTO DA INOCULAÇÃO COM CEPAS DA BACTÉRIA *Bacillus amyloliquefaciens* SOBRE OS PROCESSOS FISIOLÓGICOS DE SOJA EXPOSTA À SECA." (2019).

SILVA, S. M.; OLIVEIRA, L. J.; FARIA, F. P. REIS, E. F.; CARNEIRO, M. A. C.; SILVA, S. M. Atividade da enzima nitrato redutase em milho cultivado sob diferentes níveis de adubação nitrogenada e potássica. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 41, n. 11, p. 1931- 1937, 2011.

SOUSA, R. T. X.; HENRIQUE, H. M.; KORNDÖRFER, G. H. Teste de performance em híbridos de Milho com uso de Geofert em Santana de Vargem - MG. Empresa Geociclo, Minas Gerais. 10p, 2012. Disponível em: <http://www.geociclo.com.br/wp-content/uploads/2012/07/Lamina-Geofert_MILHO.pdf>. Acesso em: 05 junho 2020.

Souza, F. G.; Silva, E. L.S.; Alvarez, R. C. F.; Zanella, M. S.; Lima, S. F. (2020). Inoculação e co-inoculação de *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense* na cultura da soja. *Research, Society and Development*, 9(6), e170963553.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia Vegetal*. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2008. p. 819.

Teixeira, A., R. Doses de molibdênio nas culturas do milho comum e milho-pipoca. Dissertação de mestrado, UFV, Viçosa - 2006.

TEIXEIRA, W. G. Biodisponibilidade de fósforo e potássio de fertilizantes mineral e organomineral. Uberlândia: UFU, 99p. 2013. Dissertação (Mestrado)

VACHERON, J.; DESBROSSES, G.; BOUFFAUD, M. L.; TOURAINÉ, B.; MOËNNELOCCOZ, Y.; MULLER, D.; LEGENDRE, L.; WISNIEWSKI-DYÉ, F.; PRIGENTCOMBARET, C. Plant growth-promoting rhizobacteria and root system functioning. *Frontiers in Plant Science*. v. 4, p. 356, 2013.

Yan W, Zhong Y, Shanguan Z. Evaluation of physiological traits of summer maize under drought stress. *Acta Agric Scand Sect B – Soil Plant Sci*. 2016; 66(2):133-40.

YANG, J.; MARTINSON, T. E.; LIU, R. H. Phytochemical profiles and antioxidant activities of wine grapes. *Food Chemistry*, v. 116, n. 1, p. 332- 339, 2009.