

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (UNESP)
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
CAMPUS DE DRACENA

Flavio Antonio da Silva Rodrigues

Graduando em Engenharia Agrônômica

**AVALIAR O DESENVOLVIMENTO INICIAL DO
SORGHUM BICOLOR SOB DIFERENTES DOSES DE
METAIS PESADOS INOCULADO COM *BACILLUS* spp.**

Dracena

2022

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (UNESP)
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
CAMPUS DE DRACENA

Flavio Antonio da Silva Rodrigues

Graduando em Engenharia Agrônômica

AVALIAR O DESENVOLVIMENTO INICIAL DO
***SORGHUM BICOLOR* SOB DIFERENTES DOSES DE**
METAIS PESADOS INOCULADOS COM *BACILLUS* spp.

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade de Ciências
Agrárias e Tecnológicas – Unesp, Câmpus
de Dracena como parte das exigências
para conclusão do curso.

Orientador: Prof. Dr. Ronaldo da Silva Viana

Dracena
2022

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
UNESP – CÂMPUS DE DRACENA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: AVALIAR O DESENVOLVIMENTO INICIAL DO *SORGHUM BICOLOR* SOB DIFERENTES DOSES DE METAIS PESADOS INOCULADO COM *BACILLUS* spp.

Modalidade: Trabalho de Atividades de pesquisa

Autor: Flavio Antonio da Silva Rodrigues

Orientador (a): Prof. Dr. Ronaldo da Silva Viana

Número de Créditos: 12

Data da aprovação e correção de acordo com as sugestões da Banca:

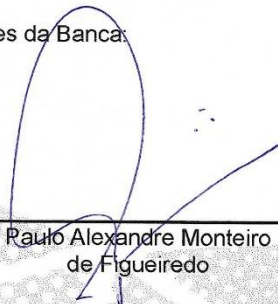
08/07_/2022_



Ronaldo da Silva Viana



Sérgio Bispo Ramos



Paulo Alexandre Monteiro
de Figueiredo

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Flavio Antonio da Silva Rodrigues, nascido em 28 de maio de 1998 na cidade de São Paulo/SP. Ingressou no curso de Engenharia Agrônômica na Faculdade de Ciência Agrárias e Tecnológicas na UNESP, câmpus de Dracena em 2018. Membro do Grupo de Máquinas e Mecanização agrícola de Precisão no período de 2018 e 2019 (GEMMAP FCAT/UNESP), membro atual do grupo de Experimentação em cana-de-açúcar (GECANA FCAT/UNESP). Participou de eventos como: “XXXII Congresso de Iniciação Científica da Unesp” (2020), “2º Workshop de Inovação no Agronegócio” (2019), “TecCana – III Simpósio Tecnológico de adubação e manejo de cana-de-açúcar” (2018)..

DEDICATÓRIA

Ao meu pai Fluvio da Silveira Rodrigues e meu avô José Flavio Nascimento Rodrigues, que me proporcionaram bases financeiras e educacionais e me possibilitaram mais essa conquista, exemplos de vida fundamentais para a minha vida pessoal e profissional.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me dar paciência, sabedoria e força nos momentos difíceis. Agradeço ao meu pai e meu avô, Fluvio da Silveira Rodrigues e José Flavio Nascimento Rodrigues pelo apoio e por sempre acreditarem no meu potencial e por dar duro e incentivar além de mostrar que a vida é dura, mas nós podemos ser vencedores.

Agradeço a minha família por sempre estar do meu lado, mandando boas energias e pensamento positivos, conversas, conselhos e todos os momentos de alegria durante essa dura jornada.

Aos meus irmãos Fablo da Silveira Rodrigues e Sandra Catarina Birrer Rodrigues por sempre me apoiar e mostrar que mesmo longe ainda somos irmãos, feliz com a conquista de cada um.

Aos meus irmãos de outra mãe, unidos pelo destino, Futuro (Vinicius Carvalho dos Santos) e Turbano (Thomas Damaceno da Silva), que estiveram do meu lado todo o período de graduação, e me auxiliaram nos obstáculos que enfrentei nessa caminhada.

Aos demais amigos, Marcelo Nakamura, Matheus Theodoro, Nathalia Barbosa, Fernando Figueiredo, Emanuel Ramos, Samuel Ramos, Isabela Tolentino, João Perosso, Passos, Ana, Luiz Carlos, Yuri, Tarcísio, José, entre outros, agradeço a compressão e o apoio nas dificuldades.

Agradeço ao meu orientador e parceiro Prof. Dr. Ronaldo da Silva Viana que teve muita paciência e me auxiliou no desenvolvimento não só deste trabalho, mas na minha formação com um todo.

Agradeço também Prof. Dr. Anderson Chagas Magalhães e Prof. Dr. Ronaldo Cintra Lima pelos puxões de orelha e conselho sobre o meu desenvolvimento durante essa etapa na minha vida.

Agradeço ao grupo de estudo do GECANA que pode auxiliar conhecimento técnicos sobre a cultura da cana-de-açúcar, além de auxiliar no meu projeto de pesquisa.

E agradeço a mim mesmo, por continuar sendo persistente e vencendo as batalhas que a vida nos dá, da periferia de São Paulo para se tornar engenheiro agrônomo.

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes” (Martin Luther King Jr, 1935).

RESUMO

O sorgo mais conhecido como *Sorghum Bicolor* é um cereal do tipo C4, ou seja, possui altas taxas fotossintéticas, também conhecido como planta do dia curto, onde a planta sorgo tem um melhor desenvolvimento em temperaturas a partir de 21 °C, esta espécie possui uma melhor capacidade de sobrevivência em déficit hídrico, também pode ser cultivada em diferentes condições do solo. Nesse contexto, o seguinte trabalho teve como objetivo avaliar o desenvolvimento do sorgo em solos com metais pesados por meio das análises fitotécnicas de massa fresca e massa seca, índice de velocidade de germinação e taxa de germinação na influência do inoculante *Bacillus* spp. O experimento foi dividido em dois estágios, onde o primeiro estágio foi realizado na casa de vegetação e o segundo estágio em laboratório de fisiologia vegetal, ambos situados na Unesp de Dracena em que a cultivar utilizada foi a BRS508. Para ambos os estágios foi selecionado o delineamento inteiramente casualizados, onde no primeiro estágio foi utilizado no esquema fatorial 5x5 com 4 repetições, correspondente a: 25 combinações percentuais entre o níquel e o *Bacillus*. O *Bacillus* com doses de 0, 25, 50, 100, e 200 g.ha⁻¹. As doses do metal sulfato de níquel foram 0; 25; 12,5; 6,25 e 3,125 ml por unidade experimental, e no segundo estágio onde foram selecionados 5 tratamentos de *Bacillus* spp. O inoculante com doses de 0; 0,0665; 0,0335; 0,0166; e 0,0084 g.ha⁻¹ com 4 repetições. O conjunto de dados de taxa de germinação, índice de velocidade germinação, teor de massa seca e massa fresca foram submetidos ao teste de Tukey, utilizando-se pacotes estatísticos do Software Agroestat. A pesquisa demonstrou que a cultivar BRS508 não conseguiu se desenvolver em solos com metal pesado e o índice de velocidade de germinação quanto a taxa de germinação não obtiveram diferença significativa com a aplicação do inoculante *Bacillus* spp.

Palavras-chave: *Sorghum Bicolor*. Metais pesados. Inoculante. Germinação.

ABSTRACT

The sorghum better known as *Sorghum Bicolor* is a C4 cereal, that is, it has high photosynthetic rates, also known as the short-day plant, where the sorghum plant has a better development in temperatures from 21°C, this species has a better ability to survive in water deficit, but can also be cultivated in different soil conditions. In this context, the following study aimed to evaluate the development of sorghum in soils with heavy metals through phytotechnical analysis of fresh and dry mass, germination speed index and germination rate on the influence of the inoculant *Bacillus* spp. The experiment was divided into two stages, where the first stage was carried out in the greenhouse and the second stage in a plant physiology laboratory. both located at Unesp in Dracena, the cultivar used was BRS508, for both stages a completely randomized design was selected, where in the first stage a 5x5 factorial scheme with 4 replications was used, corresponding to: twenty-five percentage combinations between nickel and *Bacillus*. *Bacillus* with doses of 0, 25, 50, 100, and 200 g.ha⁻¹. The doses of nickel metal sulfate were 0; 25; 12,5; 6,25 and 3,125 ml per experimental unit, and in the second stage where 5 treatments of *Bacillus* spp. *Bacillus* with doses of 0; 0.0665; 0,0335; 0,0166, and 0.0084 g.ha⁻¹ with 4 replications. The data set of germination rate, germination speed index, dry mass and fresh mass were submitted to Tukey's test, using statistical packages from the Agroestat Software. The research showed that the cultivar BRS508 was not able to develop in soils with heavy metals and the germination speed index and the germination rate did not obtain a significant difference with the application of the inoculant *Bacillus* spp.

Keywords: *Sorghum Bicolor*. Heavy metals. Inoculant. Germination.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Comportamento dos tratamentos da massa seca do sorgo sacarino em relação as doses de <i>Bacillus</i>	23
Figura 2 - Comportamento dos tratamentos da massa fresca do sorgo sacarino em relação as doses de <i>Bacillus</i>	25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Análise de solo realizada para o experimento	20
Tabela 2 - Valores de massa seca (MS), massa fresca (MF), diferença mínima significativa (DMS), interação entre fatores <i>Bacillus</i> x Ni, coeficiente de variação (CV) do sorgo sacarino submetido às doses do sulfato de níquel inoculado com <i>Bacillus</i>	21
Tabela 3 - Valores de germinação e velocidade de germinação (I.V.G) da semente de sorgo sacarino inoculado com <i>Bacillus</i> referente ao segundo estágio de desenvolvimento do trabalho.....	26

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 REVISÃO de LITERATURA	16
2.1 Importância do <i>Sorghum Bicolor</i>	16
2.2 Sulfato de Níquel	17
2.3 <i>Bacillus</i> spp.....	18
3 MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1 Local de experimentação.....	19
3.2 Clima.....	19
3.3 Aquisição das matérias-primas	19
3.4 Delineamento experimental.....	19
3.5 Manejo e condução do trabalho	20
3.6 Avaliações.....	21
3.7 Análise estatística	21
4 RESULTADO E DISCUSSÃO	21
5 CONCLUSÃO.....	28
6 REFERÊNCIA	28

1 INTRODUÇÃO

O sorgo é uma planta que possui características relacionadas com a cultura da cana de açúcar, tanto com relação da biomassa quanto dos colmos suculentos, além de que o sorgo sacarino é uma planta que possui ciclo curto entorno de 4 meses. Uma cultura que é de fácil manejo, pois todas as etapas do processo de produção podem ser realizadas através da mecanização, fazendo com que sua utilização na renovação do canavial propicie melhores resultados que outras culturas.

A procura por matéria-prima na produção do etanol é cada vez mais crescente, o que torna o sorgo sacarino uma alternativa complementar neste processo, uma vez que o sorgo pode fornecer matéria-prima na entressafra da cana (dezembro a abril), fazendo com que ocorra um maior período de produção nacional de etanol além da continuidade de funcionamento das destilarias.

O sistema de produção da cana-de-açúcar para obtenção do etanol, gera diversos subprodutos, sendo a vinhaça com maior destaque pelas suas propriedades qualitativa, porém o tempo é fator de extrema importância com relação aos processos contaminantes. Essas alterações físico-químico no solo pode afetar a sanidade do solo e conseqüentemente diminuir desenvolvimento produtivo das plantas.

A remediação de solos contaminados por metais pesados requer um manejo intensivo e cuidadoso, onde diferentes normas foram sendo utilizadas, com diferentes níveis tecnológicos, podendo ser realizado por uma cultura que possui características de fitoextração ou fitorremediação. Sendo desejável para o processo de fitorremediação de espécies vegetais que apresente crescimento vegetativo rápido com alto teor de biomassa, e que tolera condições adversas de solo.

Diversas técnicas podem reduzir o custo de implantação de uma cultura, sendo uma dessas técnicas a inoculação que propicie um melhor desenvolvimento da cultura em ambientes adversos, além de que a inoculação por bactérias simbiótica favorece a maior biodiversidade da microbiologia do solo.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o desenvolvimento inicial do *Sorghum Bicolor* submetido a diferentes doses do sulfato de níquel inoculado com *Bacillus* spp.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Importância do *Sorghum Bicolor*

O sorgo mais conhecido como *Sorghum Bicolor* é um cereal do tipo C4, ou seja, possui altas taxas fotossintéticas, também conhecido como planta do dia curto, onde a planta sorgo tem um melhor desenvolvimento em temperaturas a partir de 21°C, esta espécie possui uma melhor capacidade de sobrevivência em déficit hídrico, mas também pode ser cultivada em diferentes condições do solo (MAGALHÃES; DURÃES; RODRIGUES, 2006).

A cultura do sorgo apresenta potencial de produção em regiões de clima quente, isso porque possui grande capacidade de adaptação, tolerância a altas temperaturas, esses fatores alinhados com a características fisiológicas das plantas podem proporcionar um aumento na velocidade de crescimento após a planta passar por esse estresse, em razão de acumular fotoassimilados (AMARAL et al., 2003).

O caldo produzido pelo sorgo sacarino para produção do etanol é denominado de primeira geração. Vale ressaltar que a produção do etanol derivado do sorgo necessita de poucos ajustes com relação ao etanol produzido pela cana-de-açúcar. Outra característica importante relacionada com a produção do etanol é que infraestrutura utilizada pode ser a mesma que a utilizada na indústria canavieira (SRINIVASARAO et al., 2009).

O processo de desenvolvimento do sorgo sacarino pode facilitar o processo de mecanização durante todo seu ciclo produtivo e também possui altos teores de açúcar fermentáveis no colmo, e conseqüentemente ocorre a antecipação da colheita quando comparada com a cana-de-açúcar (DUTRA et al., 2011).

O sorgo auxilia no desenvolvimento da agricultura estando diretamente ligado aos períodos de veranico na agropecuária, na produção de silagem para o abastecimento de nutrientes (BENGALA, et al., 2019). O sorgo de produção de

forragem auxilia na suplementação em época de escassez de água, para que suceda uma diminuição dos gastos da lavoura demonstrando dessa forma sua plasticidade com relação ao seu cultivo (PARRELLA et al., 2014).

2.2 Sulfato de Níquel

O níquel é um dos metais pesados mais presentes no solo do mundo, além de que o níquel possui densidade entorno de $8,5\text{g/cm}^3$. Dentre os principais compostos encontrado na crosta terrestre, destaca-se o hidróxido de níquel (NiOH), sulfato de níquel (Ni_3S_2) e o cloreto de níquel (NiCl_2). O níquel é um micronutriente essencial para o desenvolvimento das plantas, mas pode ser toxico (MALAVOLTA et al., 1994).

O sistema biológico tanto de plantas quanto dos animais é influenciado pelo Ni presente no ambiente, quando comparado com outros metais como ferro, zinco ou cobre suas medidas são inferiores, mas sua importância é tanto quanto esses outros metais, tornando estudos sobre a utilização do níquel nesses organismos com sua devida relevância (ALVES et al., 2018).

Algumas plantas manifestam tolerância a metais pesados para ter continuidade no seu desenvolvimento. Vale ressaltar que alguns manejos agrônômicos podem influenciar no acúmulo desses metais como por exemplo a adubação nitrogenada. Os vegetais realizam o transporte de metais da raiz para parte aérea, esse transporte depende de fatores coordenado do sistema biológico das plantas (TEZOTTO et al., 2015).

O fotossistema das plantas pode sofrer interferência na relação da toxicidade do níquel presente no solo, podendo ocasionar transtorno no ciclo de Calvin e inibindo o transporte de elétrons com o acúmulo de ATP e NADPH com a interferência no comportamento das reações do escuro (BERTON et al., 2006). A preocupação dos metais presentes no solo é ocasionada pela sua presença em biofertilizantes, fertilizantes e outros insumos empregados na agricultura (ABREUL et al., 2001).

O níquel possui características semelhantes a outros cátions metálicos e por isso compete com os mesmos na absorção pelas plantas, e o acréscimo

deste componente no solo pode causar prejuízo ao desenvolvimento das culturas de interesse (SILVA et al., 2016).

2.3 *Bacillus* spp

Algumas bactérias podem promover o crescimento e favorecer o desenvolvimento dos vegetais, sendo habitantes do solo na camada denominada rizosfera, onde o *Bacillus* spp é considerado uma destas rizobactérias, podendo estar relacionado com a germinação, emergência e crescimento das plantas (DE ARAUJO et al., 2008).

Os microrganismos que podem auxiliar no desenvolvimento da planta, crescimento de raiz, taxa de germinação ou até mesmo emergência de plantas, são estudados e utilizados na agricultura. Esses microrganismos se encontram na camada denominada rizosfera, onde é o encontro da raiz com o solo, dentro desses fatores os agentes biológicos benéficos diferem daqueles que conseguem atrapalhar o desenvolvimento das plantas.

Um processo simbiótico entre planta e bactéria pode favorecer o desenvolvimento de ambas as espécies assim criando um ciclo de troca de nutrientes, onde a bactéria libera nutrientes e a planta libera seus exsudatos radiculares, as bactérias podem favorecer o crescimento radicular melhorando o rendimento e a qualidade do sorgo tornando assim uma agricultura mais sustentável (MOREIRA et al., 2019).

O tratamento de sementes tem como objetivo promover proteção contra pragas ou doenças para que assim a planta contenha uma maior taxa de germinação e promova um vigor de crescimento vegetativo (VANIN et al., 2011). Sementes com alta taxa de germinação pode gerar um crescimento significativo no início do florescimento das cultivares sendo assim aumentando seu rendimento e sua produtividade (SCHEEREN et al., 2010).

Os microrganismos apresentam potencialidade tanto com relação ao controle fitopatógenos, podendo suprimir com a produção de alguma substância nociva a esses agentes patogênicos, pode diminuir a quantidade de agentes pela competição de nutriente presente no sistema de desenvolvimento das plantas (rizosfera) ou até mesmo induzindo a resistência de algumas plantas para com algumas doenças patogênica (KLOEPPER et al., 1999).

A inoculação via semente vem se demonstrando cada vez mais eficiente do que a inoculação via foliar ou em cobertura. O inoculante pode favorecer o desenvolvimento vegetativo da semente tornando ainda mais vigorosa, a inoculação pode auxiliar em uma produção mais econômica e ambientalmente eficiente (PEREIRA et al., 2019).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local de experimentação

O primeiro estágio foi conduzido na casa de vegetação e o segundo estágio foi conduzido no laboratório de fisiologia vegetal, ambos estágios foram situados na Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas, FCAT – UNESP Câmpus de Dracena, localizada no interior do Estado de São Paulo.

3.2 Clima

O clima se caracteriza na região por se tratar como Aw juntamente com a classificação de Köppen, verões quentes e chuvosos com invernos secos, com medias anuais de temperatura de 24°C, podendo chegar a 35°C e mínima de 19°C, umidade relativa de 64,23% e precipitação de 1.260 mm ano⁻¹.

3.3 Aquisição das matérias-primas

O experimento foi dividido em dois estágios, onde o primeiro estágio foi a implementação da cultivar BRS508 em vasos plásticos de profundidade 30 cm, com capacidade volumétrica de 45 litros, juntamente com o metal pesado (sulfato de níquel), e *Bacillus* spp.

No segundo estágio a cultivar de sorgo utilizada foi a BRS508, onde foi cultivada em papel germitest (28 x 38 cm) sendo selecionados 4 repetições de 50 sementes por papel germitest totalizando 200 sementes por tratamento. O *Bacillus* spp foi utilizado no preparo da semente, e depois as sementes foram encaminhadas a estufa de fotoperíodo na temperatura constante de 25°C.

3.4 Delineamento experimental

No primeiro estágio o delineamento experimental aplicado foi o inteiramente casualizados, no esquema fatorial 5x5 com 4 repetições, correspondente a vinte e cinco combinações percentuais entre o níquel e o *Bacillus*. O *Bacillus* com doses de 0, 25, 50, 100, e 200 g.ha⁻¹. O metal sulfato de níquel 0; 3,125; 6,25; 12,5; 25 ml por unidade experimental.

No segundo estágio o delineamento experimental aplicado foi o inteiramente casualizados, onde foram selecionados 5 tratamentos de *Bacillus* spp. O *Bacillus* com doses de 0, 25, 50 100 e 200 g.ha⁻¹ com 4 repetições.

3.5 Manejo e condução do trabalho

Foi realizado a análise de solo da terra que seria implementada nos vasos plásticos para avaliar a fertilidade e fazer as devidas correções e adubações, essas avaliações foram realizadas de acordo com a tabela 1, aderindo as recomendações técnicas para a cultura do sorgo de acordo com o boletim 100.

Tabela 1 – Análise de solo realizada para o experimento.

pH	M.O	P (resina)	S	Al ³⁺	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V	m
(CaCl ₂)	g dm ⁻³	----mg dm ⁻³ ----		-----		mmolcdm ⁻³ -----					%	%
4,0	4	1	7	13	33	0,3	6	2	8	41	20	61

Após a realização das correções do solo, foi realizada a inoculação do *Bacillus* spp. na semente de sorgo (BRS 508), onde a mesma ficou por um período de 2 horas com as doses de cada tratamento referente a bactéria, após este intervalo de tempo foi semeado nos vasos. O sulfato de níquel foi diluído em água deionizada e foi misturado com o solo dos vasos antes da semeadura das sementes.

Quadro 1 – Quantidade de Dose do *Bacillus* spp. e do metal pesado.

Doses do Inoculante (g.ha ⁻¹)	Doses do sulfato de níquel (mL)
0	0; 3,125; 6,25; 12,5; 25
25	0; 3,125; 6,25; 12,5; 25
50	0; 3,125; 6,25; 12,5; 25
100	0; 3,125; 6,25; 12,5; 25
200	0; 3,125; 6,25; 12,5; 25

No segundo estágio de desenvolvimento do trabalho as sementes foram inoculadas com *Bacillus* spp. diluídos em água deionizada com volume de 100 ml por recipiente há cerca de 2 horas. O balcão onde foi depositado o papel

germitest foi esterilizado para que não houvesse contaminação de nenhum tipo de patógeno.

Os tratos culturais referente ao primeiro estágio do trabalho foi realizado para que houvesse o pleno desenvolvimento da planta de sorgo sacarino, foi irrigado duas vezes ao dia na capacidade de campo. No segundo estágio foi feito o molhamento do papel germitest quando necessário, para que evitasse o afogamento das sementes.

3.6 Avaliações

As avaliações do primeiro estágio foram realizadas a coleta de plantas aos 45 dias após a emergência, onde as mesmas passaram por um processo de limpeza com água para eliminação da terra presente na raiz e as plantas foram levadas para estufa, para que ocorresse a avaliação da matéria seca e matéria fresca.

No segundo estágio para realização do cálculo da Germinação foi utilizado a formula $G = (N/100) \times 100$, o N é o número de sementes germinadas no final do teste, unidade é a porcentagem, e o índice de velocidade de germinação é calculado pela forma $IVG = \sum (ni/ti)$ em que o ni e o número de sementes que germinaram no tempo “i”, ti tempo após a instalação do teste, no caso $ti = a$ 3 dias.

3.7 Análise estatística

O conjunto de dados de taxa de germinação, índice de velocidade germinação, teor de massa seca e massa fresca foram submetidos ao teste de Tukey $F > 5\%$ de probabilidade, utilizando-se pacotes estatísticos do Software Agroestat.

4 RESULTADO E DISCUSSÃO

Tabela 2 – Valores de massa seca (MS), massa fresca (MF), diferença mínima significativa (DMS), interação entre fatores *Bacillus* x Ni, coeficiente de variação (CV) do sorgo sacarino submetido as doses do sulfato de níquel inoculado com *Bacillus* spp.

Causa variância		
<i>Bacillus</i> (g.ha ⁻¹)	MS (g/vaso)	MF (g/vaso)
0	0,40 D	2,09 D
25	1,44 CD	8,87 CD

50	2,25 BC	14,53 BC
100	3,41 AB	21,92 AB
200	4,18 A	27,67 A
DMS 5%	1,47	2,26
F (1)	12,86	13,79**
Ni (mL)		
0	2,23 A	14,26 A
3,125	2,35 A	15,78 A
6,25	3,74 A	24,79 A
12,5	2,07 A	12,57 A
25	1,29 A	7,69 A
DMS 5%	1,47	2,26
F (2)	2,01 ^{ns}	2,01 ^{ns}
<i>Bacillus</i> x Ni	0,90 ^{ns}	0,86 ^{ns}
CV	420,06	240,91

** = significativo a 5% de probabilidade; ^{ns} = não significativo a 5% de probabilidade. Letras iguais não diferem significativamente no teste Tukey 5% de probabilidade.

A tabela 2 mostra que as diferentes doses de *Bacillus* houve diferença significativa entre elas, ou seja, a dose de 25 g. ha⁻¹ foi diferente estatisticamente que a dose de 200 g.ha⁻¹. O sulfato de níquel não houve diferença estatística entre a suas diferentes doses, e a interação entre o inoculante com o sulfato de Ni não houve significância.

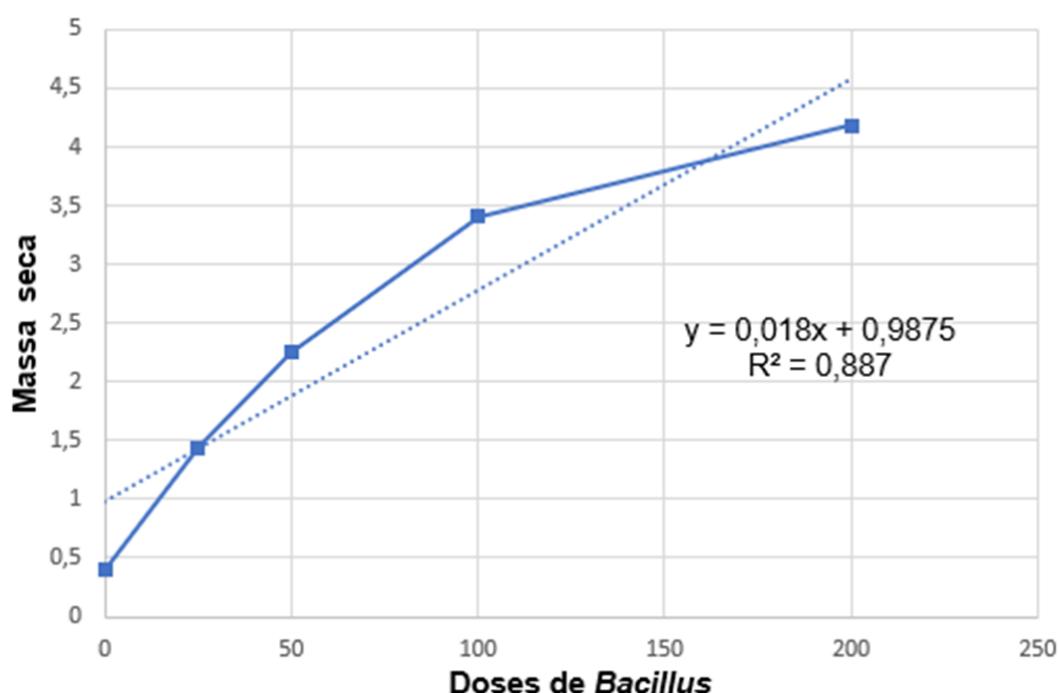
O estudo realizado pelo Alberna (2019) indica que os microrganismos presentes no solo com potencial de favorecimento ao crescimento vegetal são as mais promissoras, sendo essas chamadas de “bactérias promotoras de crescimento vegetal” (BPVC), essas bactérias têm como principal função a colonização da rizosfera estimulando o desenvolvimento das plantas.

Segundo Alves (2018), a relação existente entre a planta e o solo, mostra que adicionar metais pesados na planta pode ocasionar uma diferença na atividade biológica acarretando estresse por fitotoxidade levando a morte tanto da planta quanto das espécies de bactérias que podem promover a simbiose entre eles.

A planta de sorgo sacarino BRS 508 possui ciclo curto, ou seja, seu desenvolvimento é precoce, favorecendo o seu desenvolvimento inicial, porém foi visto que as plantas de sorgo obtiveram fitotoxicidade pela baixa germinação de algumas doses do sulfato de níquel.

Isso demonstra o fato de algumas plantas não conseguir atingir seu crescimento fisiológico como no caso as doses de sulfato de níquel podem ter influenciado de forma negativa com relação ao desenvolvimento do sorgo.

Figura 1 – Comportamento dos tratamentos da massa seca do sorgo sacarino em relação as doses de *Bacillus*.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

O gráfico demonstrado na figura 1 mostra que os valores de *Bacillus* conforme aumenta a dose, os valores de massa seca aumentam, de acordo com Ferreira et al (2016) os microrganismos são alternativas atrativas para a substituição de insumos químicos em gramíneas.

Em relação a produção de massa seca algumas espécies de plantas podem ser diferentes, segundo Marques et al. (2000) sua pesquisa comprovou que a produção da matéria seca, foi influenciado pela contaminação do solo com metais pesados, diferenciado esse aspecto entre as cultivares. Esse fator pode explicar o motivo da baixa produção de biomassa de algumas doses.

Algumas bactérias diazotróficas podem favorecer o crescimento vegetativo da planta, ou sendo influenciada pelos seus hormônios, mostrando desta forma que os benefícios do *Bacillus* podem não ser influenciado na questão de germinação Moreira et al, (2010).

O crescimento do sorgo sacarino segundo Magalhães et al (2006) depende das condições favoráveis, visto que o sorgo consegue se adaptar em condições adversas no solo, porém foi visto que alguns tratamentos não obtiveram resultados de influência para que a cultivar tenha seu pleno desenvolvimento.

A produção de biomassa é influenciada pelo equilíbrio nutricional da planta de sorgo, segundo Santana et al (2007) as plantas podem apresentar diferentes tolerâncias do ambiente salino, estudos que mostram o crescimento e desenvolvimento inicial das plantas são importantes.

A interação do *Bacillus* com sulfato de níquel, demonstrou que está diretamente ligado com o desenvolvimento das plantas de sorgo, plantas com poder germinativo alto consegue sobreviver em condições edafoclimático, o trabalho realizado pelo Andrade et al (1988) comprovou que o maior índice de germinação ocorreu quando a umidade ficava entorno de 30%.

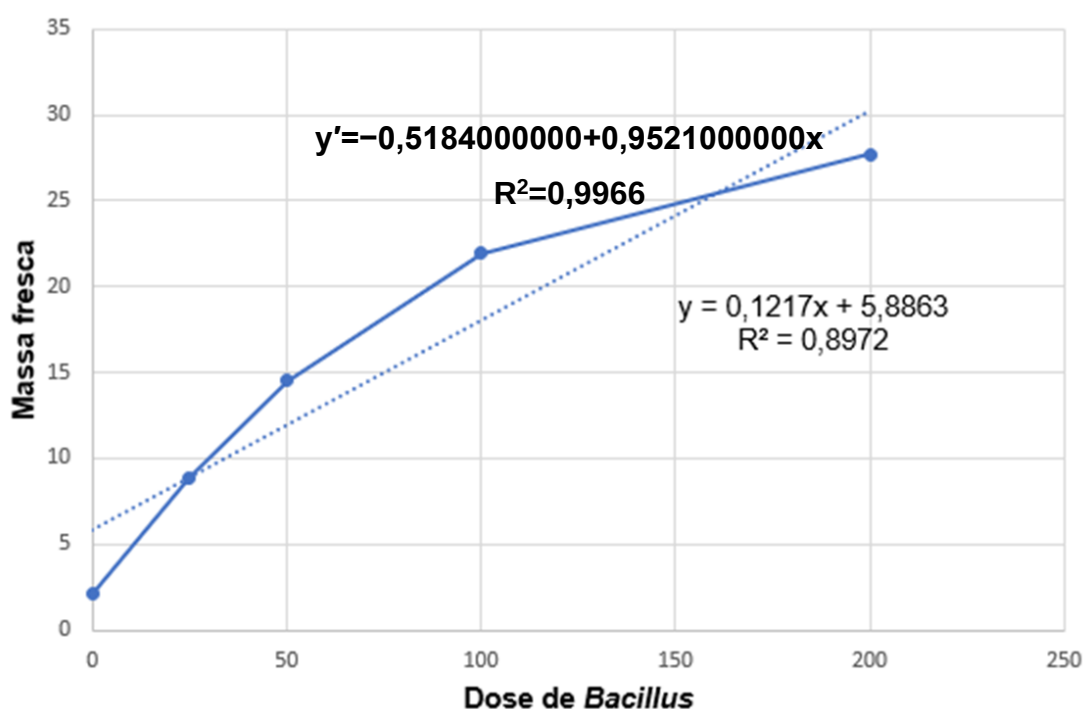
A mobilidade dos metais pesados em questão com sua disponibilidade para ser adsorvidos tem como característica o pH, onde valores entre 6,5 e 7 pode acarretar uma menor disponibilidade de absorção pela planta. Tendo em vista que foi utilizado sulfato de níquel que pode ter influenciado nas absorções pelo fato dele aumentar o pH do solo por se tratar de uma substância alcalina.

Para Santi (2016) os nutrientes que possui função essencial e específica no metabolismo das plantas auxiliam no seu crescimento e desenvolvimento, isso demonstra que o níquel é um micronutriente essencial tornando assim doses menores de sulfato de níquel obtiveram melhores resultados quando comparado com as doses maiores.

A pesquisa realizada pelo (COELHO et al, 2015) demonstrou que o estresse salino afeta de forma negativa o desenvolvimento das plantas de sorgo sacarino, podendo reduzir o poder germinativo e o tamanho das plântulas, demonstrando dessa forma que ao adicionar sulfato de níquel o desenvolvimento inicial das plantas foi afetado.

Para ocorrer a plena simbiose se faz necessário que o ambiente onde as plantas e a bactéria estejam perfeitamente relacionadas, tornando assim uma especificidade com relação ao desenvolvimento tanto da planta quando comparada com a inoculação da bactéria diazotróficas como mostra (SKOLAUDE 2014).

Figura 2 – Comportamento dos tratamentos da massa fresca do sorgo sacarino em relação as doses de *Bacillus*.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os valores referentes a figura 2 são relacionados com os valores obtido da massa fresca, essas características demonstram que a cultivar BRS 508 possui pleno desenvolvimento quando submetida a doses maiores de *Bacillus*, de acordo com Andrade (2010) a altura da planta está diretamente ligada com a massa seca produzida.

A aplicação de inoculante em diversas culturas é um método muito utilizado para auxiliar no desenvolvimento das plantas, a inoculação pode influenciar na produtividade, crescimento da raiz e altura de planta. De acordo com O'leary et al (1995) as sementes possuem sensibilidade com a relação aos solos salinos, diminuindo sua absorção de água influenciando de forma direta na velocidade dos processos fisiológicos e bioquímicos.

Os resultados obtidos com relação ao segundo estágio foram de acordo com as análises realizadas de porcentagem de germinação e o índice de velocidade de germinação (I.V.G), ambas as análises não apresentaram diferença significativa em relação as doses de *Bacillus* (Tabela 3).

Tabela 3 – Valores de germinação e velocidade de germinação (I.V.G) da semente de sorgo sacarino inoculado com *Bacillus* referente ao segundo estágio de desenvolvimento do trabalho.

Causa Variação		
<i>Bacillus</i> (g.ha ⁻¹)	Germinação %	I.VG
0	81,5 A	3,96 A
25	83 A	4,15 A
50	80 A	3,90 A
100	79,5 A	4,06 A
200	84 A	4,23 A
DMS 5%	8,83	0,036
F	0,39 ^{ns}	0,59 ^{ns}
CV	13,12	2,38

^{ns} = não significativo a 5% de probabilidade. Letras iguais não diferem significativamente no teste Tukey a 5% probabilidade.

Segundo Oliveira et al (2010) os estudos para o tratamento de sementes são de grande importância, para se obter um alto vigor germinativo e consequentemente uma emergência de plântulas mais rápida e uniforme, facilitando o manejo agrônomo, mas como é mostrado na tabela 5 não obtivemos diferença na porcentagem de germinação.

A qualidade da semente está diretamente ligada ao teste de germinação e a complementação do teste de germinação, os estudos realizados pelo Ullmann et al (2015) demonstraram que a germinação é influenciada por diversos fatores além do vigor germinativo, em seu trabalho o mesmo discorre sobre as condições de armazenamento das sementes de sorgo sacarino e sua influência no poder germinativo.

De acordo com Araújo et al (2010) inoculação com bactérias diazotróficas pode aumentar a velocidade de germinação de algumas sementes, visto que o índice de velocidade de germinação também não houve diferença significativa

em relação aos tratamentos da pesquisa (Tabela 3), mostra que o inoculante poderá influenciar em outros fatores fisiológicos além da germinação.

Outro fator de extrema importância é que as plantas de sorgo obtiveram valores das medias de germinação obtiveram igualdade entre si, tornando desta forma que o *Bacillus* não afetou a germinação das plantas de sorgo quando aplicada no vaso, ou seja, o fator limitante ao desenvolvimento da planta sorgo foi realmente as doses de sulfato de níquel.

A planta de sorgo sacarino BRS 508 possui ciclo curto, ou seja, seu desenvolvimento é precoce, favorecendo o seu desenvolvimento inicial, porém foi visto que as plantas de sorgo obtiveram fitoxidade pela baixa germinação de algumas doses do sulfato de níquel

Os tratamentos das doses de *Bacillus* demonstraram um conjunto de medias de porcentagem de germinação parecidos pelo fato da homogeneidade existente, isso devido a não interação entre o inoculante e a cultivar de sorgo.

O índice de velocidade de germinação também demonstrou homogeneidade nas amostras realizadas pela pesquisa (Tabela 3), segundo Conceição et al (2008) não houve alteração na germinação de sementes com inoculação, pode ser explicado pelo fato de não se obter algum tipo de substrato em que a planta possa se desenvolver e também a falta de alguns nutrientes necessários para o crescimento da planta, visto que o experimento foi feito em laboratório e no papel germitest onde a semente apenas foi inoculada sem acréscimo de algum fertilizante.

O poder germinativo da planta favorece e auxilia o produtor nos manejos adequados para a cultura de interesse, além de que a inoculação das sementes pode gerar mais rendimento quanto aos teores de massa fresca como foi o estudo realizado pelo Santos et al (2015).

Segundo Souza et al (1975) o índice de velocidade de germinação pode ser afetado pela qualidade de sementes, visto que após um longo tempo de armazenamento as sementes perdem seu vigor, acarretando um mal funcionamento fisiológico e desenvolvimento morfológico, podendo ser um dos fatores para que a semente não obtivesse seu desenvolvimento natural favorecido com a aplicação do inoculante.

Em relação a velocidade de germinação pode ser explicado também pelo fato de não haver outras fontes que poderia influenciar a simbiose entre a planta

e a bactéria, em que o papel germitest não fornece os nutrientes necessário para que a bactéria tenha condições ambientais para o desenvolvimento e crescimento da semente do sorgo.

De acordo com Quadros et al (2009), os fatores de influência com relação a germinação podem ter sido afetados pelo fato de a bactéria não conseguir se estabilizar e criar uma simbiose de troca de nutrientes na rizosfera, explicando assim o porquê dos valores de germinação e velocidade de germinação obtiveram nenhuma diferença significativa.

5 CONCLUSÃO

As doses de *Bacillus* que obtiveram melhor resultado para o desenvolvimento inicial do sorgo sacarino foi de 100 e 200 (g.ha⁻¹) no primeiro estágio. No segundo estágio *Bacillus* não influenciou na porcentagem de germinação e no índice de velocidade de germinação (I.V.G) para o desenvolvimento inicial do sorgo sacarino.

6 REFERÊNCIA

ABREU, C.A.; ABREU, M.F. de; ANDRADE, J.C. Determinação de cobre, manganês, zinco, cádmio, cromo, níquel e chumbo em solos usando a solução de DTPA em pH 7,3. In: RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.;

ALBERNAS, K. K.; KASCHUK, G.; GALLI-TERASAWA, L. V.; PAULETTI, V. viabilidade agrônômica da inoculação de bactérias promotoras de crescimento na cultura do milho. 2019, p. 4.

ALVES, S. C. N. dinâmica do níquel em plantas de sorgo e em solo contaminado por diferentes fontes, p. 98, 2018.

AMARAL, S. R.; LIRA, M. A.; TABOSA, J. N.; SANTOS, M. V. F. S.; MELLO, A. C. L.; SANTOS, V. F. Comportamento de linhagens de sorgo forrageiro submetidas a déficit hídrico sob condições controladas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n.8, p. 973-979, 2003.

ANDRADE NETO, R. C.; MIRANDA, N. O.; DUDA, G. P.; GÓES, G. B.; LIMA, A. S. Crescimento e produtividade do sorgo forrageiro BR 601 sob adubação verde.

Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, [s. l.], v. 14, n. 2, p. 124–130, 2010.

ANDRADE, R. V.; OLIVEIRA, A. C. Maturação fisiológica do colmo e da semente de sorgo sacarino. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 10, n. 3, p. 19–31, 1988.

ARAÚJO, A. E. da S.; ROSSETTO, C. A. V.; BALDANI, V. L. D.; BALDANI, J. I. Rice seed germination and vigour as affected by the inoculation with diazotrophic bacteria. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 4, p. 932–939, 2010.

BENGALA, P. S. P. influência dos cultivos de 1ª e 2ª safras no crescimento e na produtividade de silagem de milho e sorgo, p. 104, 2019.

BERTON, R. S.; PIRES, A. M. M.; ANDRADE, S. A. L. de; ABREU, C. A. de; AMBROSANO, E. J.; SILVEIRA, A. P. D. da. Toxicidade do níquel em plantas de feijão e efeitos sobre a microbiota do solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 41, n. 8, p. 1305–1312, 2006.

BRADFORD, K.J. water relations in seed germination. in: KiGEL, J.; GALILI, G. (Ed.). *Seed development and germination*. New York: Marcel Dekker, inc., 1995. p.351- 396.

COELHO, D. S.; SIMÕES, W. L.; MENDES, A. M. S.; DANTAS, B. F.; RODRIGUES, J. A. S.; SOUZA, M. A. de. Germinação e crescimento inicial de variedades de sorgo forrageiro submetidas ao estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 1, p. 25–30, 2014.

CONCEIÇÃO, P. M. Da; VIEIRA, H. D.; CANELLAS, L. P.; MARQUES JÚNIOR, R. B.; OLIVARES, F. L. Recobrimento de sementes de milho com ácidos húmicos e bactérias diazotróficas endofíticas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 43, n. 4, p. 545–548, 2008.

DUTRA, E.D. et al. Produção de etanol a partir do mosto do colmo de diferentes cultivares de sorgo sacarino em Pernambuco. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE BIOPROCESSOS, 18., 2011, Caxias do SUL, RS. **Anais...** Caxias do Sul/RS: SINAFERM, 2011. 6p.

ENCICLOPÉDIA BIOSFERA. Jandaia-Go: Centro Científico Conhecer, v. 6, n. 10, 22abr.2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/275334499_COMPRTAMENTO_DA_SOJA_Glycine_max_L_Merrill_SUBMETIDA_A_A_DUBACAO_NTROGENADA_DE_PLANTIO#citations. Acesso em: 24 set. 2020.

FERREIRA, F. N.; RIBEIRO, V. P.; MELO, I. G.; MARRIEL, I. E.; DE SOUZA, F. A.; DE OLIVEIRA, C. A. Avaliação do crescimento de milheto co-inoculado com microrganismos solubilizadores de fósforo, fungos micorrízicos e *Azospirillum*. 2016, p. 5.

FILHO, J. E. D. A.; TARDIN, F. D.; SOUZA, S. Â. D.; GODINHO, V. D. P. C.; CARDOSO, M. J. desempenho agrônômico e estabilidade fenotípica de híbridos de sorgo granífero. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 9, n. 01, p. 51–64, 2010.

HEEREN, B. R.; PESKE, S. T.; SCHUCH, L. O. B.; BARROS, A. C. A. Qualidade fisiológica e produtividade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 3, p. 35–41, 2010.

KABATA –PENDIAS, A.; PENDIAS, H., 2001, Trace elements in soils and plants. 3 ed. Boca Raton, Flórida, CRC Press, 331pp.

LAZZARETI, E.; BETTIOL, W. Tratamento de sementes de arroz, trigo, feijão e soja com um produto formulado a base de células e de metabólitos de *Bacillus subtilis*. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 54, p. 89-96, 1997.

LONDRINA. EMBRAPA. (ed.). EMBRAPA SOJA: soja. Soja. 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/buscadenoticias//noticia/26033659/inoculantefeitoapropriadaderuralaumentaprodutividadedefeijaocaupiemate33#:~:text=inoculantes%20no%20Brasil,O%20inoculante%20%C3%A9%20um%20produto%20que%20cont%C3%A9m%20grande%20quantidade%20de,em%20alimento%20para%20a%20planta..> Acesso em: 23 nov. 2020.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; RODRIGUES, J. A. S. Comunicado 86 Técnico ISSN 1679-0162 Novembro, 2003 Sete Lagoas, MG. [s. l.], p. 4, [s.d.].

MALAVOLTA, E. Fertilizantes e seu impacto ambiental: micronutrientes e metais pesados, mitos, mistificacao e fatos. . São Paulo: Produquímica. . Acesso em: 02 jul. 2022.1994.

MARQUES, T.C.L.S.M.; SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S., 2000, Crescimento e teor de metais de mudas de espécies arbóreas cultivadas em solo contaminado com metais pesados. Pesq.Agrop. Bras., v. 35, n. 1, pp. 121-132.

MARTIN, C. et al. Investigação de conversibilidade de celulose e fermentação alcoólica do bagaço de cana pré-tratado por oxidação úmida e explosão a vapor. **Journal of Chemical Technology and Biotechnology**, v. 81, p. 1669-1677, 2006.

MAZZUCHELLI, R. de C. L.; SOSSAI, B. F.; ARAÚJO, F. F. De. INOCULAÇÃO DE *Bacillus subtilis* E *Azospirillum brasilense* NA CULTURA DO MILHO. **Colloquium Agrariae. ISSN: 1809-8215**, v. 10, n. 2, p. 40–47, 2014.

MOREIRA, F. W.; OLIVEIRA, C. M. De; MAIA, J. L. Z.; OLIVEIRA, L. A. De. Fungos micorrízicos arbusculares nas plantas e características químicas dos solos de clareiras da Província Petrolífera de Urucu, Am. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, [s. l.], v. 10, n. 5, p. 56–68, 2019.

O'LEARY, J.W. Adaptive components of salt tolerance. in: PESSARAKLI, M. (Ed.) **Handbook of plant and crop physiology**. New York: Marcel Dekker, inc., 1995. p. 577- 585.

OLIVEIRA, A. B. de; GOMES-FILHO, E. Efeito do condicionamento osmótico na germinação e vigor de sementes de sorgo com diferentes qualidades fisiológicas. **Revista Brasileira de Sementes**, 2010, v. 32, n. 3, p. 25–34, 2010.

PARRELLA, R. A. C. et al. **Sorgo do plantio à colheita**. Viçosa: Editora UFV, 2014. 275p.

PEREIRA, C. S.; BALBINOT, L.; FIORINI, I. V. A.; TAVANTI, R. R.; COSTA, L. C. modos e doses de aplicação de inoculante na cultura da soja. **Tecno-Lógica**, Santa Cruz do Sul-RS, v. 23, n. 04, p. 70-76, 26 abr. 2019.

QUAGGIO, J.A. (Ed.). **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2001. p.240-250

SANTANA, M. J.; CARVALHO, J. A.; SOUZA, K. J.; SOUSA, A. M. G.; VASCONCELOS, C. L.; ANDRADE, L. A. B. Efeitos da salinidade da água de irrigação na brotação e desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) e em solos com diferentes níveis texturais. *Ciência e Agrotecnologia*, v.31, p.1470- 1476, 2007.

SANTI, A.; CAMARGOS, S. L. DEFICIÊNCIAS DE MASACNRTIO, AN. Uet Tal.RIENTES EM SORGO. *Ciênc. agrotec.*, [s. l.], v. 30, n. 2, p. 6, 2006.

SANTOS, R.; PLACIDO, H.; GARCIA, E.; CANTU, C.; ALBRECHT, A.; ALBRECHT, L.; FRIGO, K. Sorgo sacarino na produção de agroenergia. *Revista Brasileira de Energias Renováveis*, v. 4, 2015.

SILVA, I. C. Crescimento e produtividade do algodoeiro em função da aplicação de nitrogênio e níquel. (Dissertação de Mestrado) – Igor Cabreira da Silva. Programa de Agronomia – UNESP (Ilha Solteira, 2016) 73 p.

SIMEONE, M. L. F.; PARRELLA, R. A. da C.; MAY, A.; SCHAFFERT, R. E. Produção e caracterização de pellets de sorgo biomassa. [s. l.], 2018. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1098150>>. Acesso em: 7 maio. 2019.

SKOLAUDE, A. C. inoculação de bactérias diazotróficas em genótipos de sorgo sacarino, p. 50, 2014.

SOUZA, F. H. D. De; FILHO, J. M. Estudo comparativo de métodos para a avaliação do vigor de sementes de sorgo (*Sorghum vulgare Pers.*). *Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz*, v. 32, p. 369–383, 1975.

SRINIVASA RAO, P. et al. **Sweet sorghum for biofuel and strategies for its improvement**. Patancheru, Andhra Pradesh, India: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, 2009. 80p. (Boletim Técnico, 77).

TAVARES, L. C.; RUFINO, C. de A.; BRUNES, A. P.; TUNES, L. M. De; BARROS, A. C. S. A.; PESKE, S. T. Desempenho de sementes de soja sob deficiência hídrica: rendimento e qualidade fisiológica da geração F1. *Ciência Rural*, v. 43, n. 8, p. 1357–1363, 2013.

TEZOTTO, T. Metabolismo do nitrogênio e senescência em razão da aplicação de níquel no cafeeiro arábica. 2015. Doutorado em Fitotecnia - Universidade de São Paulo, Piracicaba 2015. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde-11092015-091333/>. Acesso em: 2 jul. 2022.

ULLMANN, R.; RESENDE, O.; CHAVES, T. H.; OLIVEIRA, D. E. C. de; COSTA, L. M. Qualidade fisiológica das sementes de sorgo sacarino submetidas à secagem em diferentes condições de ar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 2015, v. 19, n. 1, p. 64–69, 2015.

VANIN, A.; SILVA, A. G. Da; FERNANDES, C. P. C.; FERREIRA, W. S.; RATTES, J. F. Tratamento de sementes de sorgo com inseticidas. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 2, p. 299–309, 2011.

YAGI, R.; SIMILI, F. F.; ARAÚJO, J. C. De; PRADO, R. de M.; SANCHEZ, S. V.; RIBEIRO, C. E. R.; BARRETTO, V. C. de M. Aplicação de zinco via sementes e seu efeito na germinação, nutrição e desenvolvimento inicial do sorgo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 4, p. 655–660, 2006.