



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SEMIÁRIDO
UNIDADE ACADÊMICA DE TECNOLOGIA DO DESENVOLVIMENTO
CURSO DE ENGENHARIA DE BIOSISTEMAS**

OSMAR ANTÔNIO DA SILVA JUNIOR

**AVALIAÇÃO DA PROMOÇÃO DE CRESCIMENTO DE SORGO
GRANÍFERO [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] COM O USO DE *Trichoderma* spp**

**SUMÉ - PB
2023**

OSMAR ANTÔNIO DA SILVA JUNIOR

**AVALIAÇÃO DA PROMOÇÃO DE CRESCIMENTO DE SORGO
GRANÍFERO [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] COM O USO DE *Trichoderma* spp**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Biosistemas do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Biosistemas.

Orientador: Professor Dr. José George Ferreira Medeiros.

**SUMÉ - PB
2023**



S586a Silva Junior, Osmar Antônio da.

Avaliação da promoção de crescimento de sorgo granífero [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] com uso de *Trichoderma* spp. / Osmar Antônio da Silva Junior. - 2023.

40 f.

Orientador: Professor Dr. José George Ferreira Medeiros.

Monografia - Universidade Federal de Campina Grande; Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido; Curso de Engenharia de Biosistemas.

1. Sorgo granífero. 2. Produção de grãos. 3. *Sorghum bicolor* (L.) Moench. 4. *Trichoderma harzianum*. 5. Laboratório de Fitossanidade do Semiárido - LAFISA CDSA. 6. Alimentação animal - sorgo. 7. Bioinsumos. 8. Semiárido paraibano - produção de sorgo. 9. Cariri Paraibano - produção de sorgo. 10. Grãos - sorgo. I. Medeiros, José George Ferreira. II. Título.

CDU: 633.174(043.1)

Elaboração da Ficha Catalográfica:

Johnny Rodrigues Barbosa
Bibliotecário-Documentalista
CRB-15/626

OSMAR ANTÔNIO DA SILVA JUNIOR

**AVALIAÇÃO DA PROMOÇÃO DE CRESCIMENTO DE SORGO
GRANÍFERO [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] COM O USO DE *Trichoderma* spp**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Biosistemas do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Biosistemas.

BANCA EXAMINADORA:

Documento assinado digitalmente
 JOSE GEORGE FERREIRA MEDEIROS
Data: 03/06/2024 09:45:36 -0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

**Professor Dr. José George Ferreira Medeiros.
Orientador – UATEC/CDSA/UFPG**

Documento assinado digitalmente
 THAMIRES KELLY NUNES CARVALHO
Data: 03/06/2024 09:18:51 -0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

**Dra. Thamires Kelly Nunes Carvalho.
Examinadora Externa
CPCE UFPI**

Documento assinado digitalmente
 CARINA SEIXAS MAIA DORNELAS
Data: 03/06/2024 09:32:52 -0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

**Profa Dra. Carina Seixas Maia Dornelas.
Examinadora Interna
UATEC/CDSA/UFPG**

Trabalho aprovado em: 13 de novembro de 2023.

SUMÉ - PB

Dedico aos meus avós e aos meus pais por proporcionar a paixão pela agricultura e pecuária.

AGRADECIMENTOS

À minha mãe Isabel Cristina de Carvalho Silva, pelo consolo nos momentos difíceis e a motivação para essa conquista.

Ao meu pai Osmar Antônio da Silva e minha irmã Naara de Carvalho Silva Santos, pelos conselhos e a perseverança de um futuro melhor.

Ao meu orientador, Prof. Dr. José George Ferreira Medeiros, pela oportunidade de trabalhar e aprender coisas novas na equipe de alunos do LAFISA (Lab. de Fitossanidade do Semiárido-CDSA/UFCG), pela amizade, paciência e ensinamentos.

Aos meus amigos, Renie de Carvalho, Thiago Dantas, Amanda, Brendo Jr., Danielle, Graciele, Bruno, Bruno Melo, Carol Cosman, Bruna Alice, Vanessa Íris, Jarlean Lopes, Armando Henrique pelo apoio, conselhos, sorrisos e pelo incentivo a correr atrás dos meus sonhos.

Em especial, quero agradecer a Pamela Monique, Tainá Eponina, and José Hugo por me darem todo o suporte durante o período de implantação e coleta de dados da monografia.

A minha noiva Tãyna Batistela por sempre lembrar, que eu sou o único representante na terra do meu próprio sonho.

Minhas professoras Edvanda Silva Rocha Reis, José Marcone dos Reis Silva e Geraldo Caetano de Souza Filho professores do IF Baiano Campus Senhor do Bonfim, pelas singelas palavras, conselhos e ensinamentos que me permitiram entrar na graduação.

À todo corpo docente do CDSA, que compartilharam seus conhecimentos e ampliaram o meu aprendizado em diferentes áreas, em especial a Ilza Brasileira a todos o meu muito obrigado.

Aos funcionários servidores do CDSA, pelos excelentes serviços prestados e atitudes de companheirismo. Em especial a Durval e Edilson, obrigado.

Ao criador, pelos livramentos, conquistas e alegria de viver em um mundo cheio de diversidade física e espiritual.

RESUMO

O sorgo granífero [*Sorghum bicolor* (L.) Moench], originário da África, é uma cultura de cereais que pertence à família Poaceae e é valorizada por sua capacidade de crescer em condições adversas, como solos áridos e climas quentes. Neste estudo, foi avaliado o crescimento do sorgo granífero na região do Cariri Paraibano por meio da aplicação de diferentes doses de *Trichoderma*, sendo as dosagens de 0, 50, 150 e 200 ml de *Trichoderma* diluído em 5 litros de água. A pesquisa foi conduzida na Área Experimental do LAFISA (Laboratório de Fitossanidade do Semiárido), localizado na Universidade Federal de Campina Grande, Campus de Sumé-PB, no âmbito do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido (CDSA/UFCG). Os resultados obtidos revelaram que as doses de *Trichoderma harzianum* de 150 e 200 ml/5L se destacaram como as mais eficientes na promoção do crescimento da área foliar e no aumento do diâmetro do caule do sorgo. Esses resultados apontam para as previsões do uso de *Trichoderma* spp. como uma alternativa eficaz para melhorar o desenvolvimento das plantas de sorgo granífero no Cariri Paraibano, o que pode contribuir significativamente para o aumento da produção agrícola na região.

Palavras-chave: Produção de grãos, Alimentação animal, Bioinsumos, Semiárido.

SILVA JUNIOR, O. A. **Evaluation of the growth promotion of sorghum sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] using *Trichoderma* spp.** 2023. 40p. Monografia (Curso de Bacharelado em Engenharia de Biosistemas) - Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido, Universidade Federal de Campina Grande, Sumé – Paraíba – Brasil, 2023.

ABSTRACT

Grain sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench], which originated in Africa, is a cereal crop that belongs to the Poaceae family and is valued for its ability to grow in adverse conditions, such as arid soils and hot climates. In this study, the growth of grain sorghum in the Cariri Paraibano region was assessed by applying different doses of *Trichoderma*, the dosages being 0, 50, 150 and 200ml of *Trichoderma* diluted in 5 liters of water. The research was conducted in the Experimental Area of LAFISA (Semi-Arid Plant Health Laboratory), located at the Federal University of Campina Grande, Sumé Campus - PB, within the scope of the Semi-Arid Sustainable Development Center (CDSA/UFCG). The results showed that the *Trichoderma harzianum* doses of 150 and 200 ml/5L were the most efficient in promoting leaf area growth and increasing the diameter of the sorghum stem. These results indicate that the use of *Trichoderma* spp. is an effective alternative for improving the development of grain sorghum plants in Cariri Paraibano, which could contribute significantly to increasing agricultural production in the region.

Keywords: Grain production, Animal feed, Bio-inputs, Semi-arid.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Localização da área de estudo.....	25
Figura 2 -	Solos do Estado da Paraíba.....	26
Figura 3 -	Croqui do delineamento experimental.....	27
Figura 4 -	Aplicação das dosagens com o auxílio de um regador.....	30
Figura 5 -	Emergência de plantas de Sorghum bicolor em função de diferentes doses de Trichoderma harzianum.....	32
Figura 6 -	Altura de plantas de Sorghum bicolor em função de diferentes doses de Trichoderma harzianum.....	33
Figura 7 -	Diâmetro do caule de plantas de Sorghum bicolor em função de diferentes doses de Trichoderma harzianum.....	33
Figura 8 -	Número de folhas por planta de Sorghum bicolor em função de diferentes doses de Trichoderma harzianum.....	34
Figura 9 -	Área foliar planta de Sorghum bicolor em função de diferentes doses de Trichoderma harzianum.....	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Parâmetros físicos e de fertilidade do solo da área experimental.....	27
Tabela 2 - Parâmetros físicos e químicos da água.....	28

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
2	OBJETIVOS.....	13
2.1	OBJETIVO GERAL.....	13
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
3.1	CARACTERÍSTICAS BOTÂNICAS DO <i>SORGHUM BICOLOR</i> (L.) MOENCH	14
3.2	ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO DO <i>SORGHUM BICOLOR</i> (L.) MOENCH.....	16
3.3	IMPORTÂNCIA ECONÔMICA E DA PRODUÇÃO DO SORGO.....	16
3.4	ASPECTO DA QUALIDADE DA PRODUÇÃO DO SORGO.....	18
3.5	QUALIDADE DA SEMENTE.....	19
3.6	QUALIDADE FISIOLÓGICA.....	20
3.7	QUALIDADE SANITÁRIA.....	20
3.8	O FUNGO TRICHODERMA.....	21
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	25
4.1	LOCAL DOS EXPERIMENTOS.....	25
4.2	CORREÇÃO DO SOLO E ADUBAÇÃO.....	27
4.3	CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E DE FERTILIDADE DO SOLO DA ÁREA DE ESTUDO.....	27
4.4	CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO.....	28
4.5	SEMEADURA E APLICAÇÃO DOS TRATAMENTOS DE <i>TRICHODERMA HARZIANUM</i>	29
4.6	TRATOS CULTURAIS.....	30
4.7	AVALIAÇÕES FISIOLÓGICAS.....	30
4.8	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	31
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
6	CONCLUSÃO.....	36
	REFERÊNCIAS.....	37

1 INTRODUÇÃO

O sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.), é uma planta da família das Poaceae, sendo originária da África e parte da Ásia (OLIVETTI; CAMARGO, 1997) o que explica sua notória resistência ao déficit hídrico, este fato atrelado ao seu valor proteico que varia de 10 a 12% e nutrientes que chegam de 85 a 95%, aproximando-se do valor energético do milho (*Zea mays*), despertando assim o interesse humano por este cereal, que provavelmente teve sua domesticação na Etiópia, cerca de 5.000 anos Lima, L., Silva, J., & Ferreira, A. (2020).

Começou a ser notado mundialmente no final do século XIX, se destacando entre os cereais mais produzidos, exemplos do trigo, milho, arroz e cevada, ocupando assim a quinta posição de maior área cultivada (ARAÚJO, 2007).

No Brasil é cultivado em sua grande maioria para a alimentação animal, já que as pessoas não tem a cultura de consumir sorgo, como acontece nos países ocidentais (PEREIRA FILHO; RODRIGUES, 2015).

O Nordeste do Brasil é caracterizado por seu clima variado sendo tropical úmido, na costa oriental a tropical semiárido, a maior parte de seu território apresenta clima semiárido que é caracterizado por forte insolação, temperaturas altas e baixa pluviosidade, tem seu regime de chuvas em um curto período de três meses e pluviometria anual de 800 milímetros Silva et al. (2024).

Possui ainda um risco de seca de aproximadamente 60% e duas estações do ano, marcadas pelo período chuvoso a estação chuvosa variando de três a cinco meses e a estação seca que perdura de sete a nove meses. Estas condições e características do solo tais como profundidade do solo, solo pedregoso e fertilidade determinam o sucesso da agricultura e pecuária da região nordeste que ocupa uma área de 969.589,4 km² (ANGELOTTI, 2009).

Pode-se observar a soberania do déficit hídrico do sorgo, na produção do cerrado no ano de 2021, que enfrentou baixas devido ao clima. Sendo a produção no Distrito Federal estimada, com uma queda de 37,9% inferior à safra passada para o milho e 15,6% inferior ao ciclo anterior para o sorgo (CONAB, 2021).

O controle biológico de patógenos é a eliminação total ou parcial de uma determinada população patogênica, seja ela uma doença ou praga, por meio de outro organismo o que ocorre de forma natural em um ecossistema equilibrado. O custo elevado com defensivos agrícolas e uma preocupação com práticas conservacionista de manejo de solo e biodiversidade, fizeram com que o controle biológico seja extremamente benéfico, dès de que esteja em um manejo

adequado proporcionando ganhos produtivos e economicos. Tomando como exemplo o manejo do nematoide, que possui um gato muito elevado tendo em vista as medidas, tais como rotação de cultura, plantas antagônicas, controle químico e cultivares resistentes. Tem ganhado destaque no Brasil e no mundo por ser eficiente no controle de tal praga, diminuir os custos com nematicidas e favorecer uma maior produtividade o controle biológico (GALBIERI; BELOT, 2016).

O gênero *Trichoderma*, pertence ao reino Fungi e possui uma relação de mutualismo com o reino Plantae, trazendo diversos benefícios para as plantas, os que mais se destacam são a capacidade de aumento do crescimento vegetal, indução a resistência do déficit hídrico, entomopatogênico, aumentar a absorção de nutrientes e aumentar a resistência das plantas ao estresse bióticos e abióticos (ABREU et al., 2019). Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de *Trichoderma harzianum* como fator de crescimento no desenvolvimento do sorgo no Cariri Paraibano.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o crescimento do sorgo granífero *Sorghum bicolor* (L.) Moench no Cariri Paraibano com o uso de diferentes doses de *Trichoderma* spp.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar o desempenho vegetativo do sorgo;
- Definir a melhor dose de *Trichoderma* spp. para produção econômica de sorgo.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 CARACTERÍSTICAS BOTÂNICAS DO *SORGHUM BICOLOR* (L.) MOENCH

O sorgo pertence à classificação taxonômica da família Poaceae, gênero Sorghum, e a espécie cultivada é *Sorghum bicolor* (L.) Moench. (MENEZES et al., 2021). As características morfológicas do sorgo são colmo ereto, com suporte em um sistema radicular muito resistente com raízes seminais e adventícias, possuindo também folhas alternadas compostas por bainha e lâmina foliar com origem em nós individuais, onde o número de folhas varia de 7 a 30. A inflorescência é chamada de panícula, ao qual possui eixo central, onde dá origem às ramificações primárias, secundárias e terciárias, nas ramificações finais localizam-se os racemos ou espiguetas, podendo ser uma panícula compactada ou aberta (SILVA et al., 2023).

A altura do sorgo pode variar de 40 cm até 4 m. O que define a altura da planta é a quantidade de entrenós e a distância entre eles; o que define tais fatores são quatro pares de genes principais (dw1, dw2, dw3, e dw4). Plantas que possuem genes recessivos em quatro loci, possuem tamanho menor que varia de 60 a 80 cm, conhecidas como “anãs-4”, já as que possuem genes recessivos em três loci e dominantes no outro locus são chamadas “anãs-3”. Temos então uma classificação do tipo de planta granífera ou forrageira de acordo com o seu tamanho, sendo as graníferas normalmente “anãs-3 e cultivares forrageiras são “anãs-2 ou “anãs-1” (MAGALHÃES et al., 2003).

O sorgo pode ter perfilhamento ou não, sendo uma característica bastante vantajosa nas cultivares forrageiras e desvantajosa nas cultivares graníferas, levando em consideração que a planta mãe irá perder água e nutrientes para o perfilho o que afetará a produção final de grãos, o perfilhamento ocorre nas cultivares graníferas por estresse nutricional, hídrico, excesso de espaço entre plantas, baixa insolação e por corte da gema apical, fazendo assim com que as gemas laterais despertem da dormência e criem perfilho (MAGALHÃES et al., 2003).

As sementes de sorgo são compostas por um cotilédono, o que classifica a planta como monocotiledônea. Elas são formadas por três componentes principais: embrião, tegumento e endosperma. O tegumento é o tecido protetor que envolve o embrião, enquanto o endosperma é o tecido de reserva energética. O grão de sorgo é o conjunto desses elementos. O formato do grão pode variar de redondo a elíptico, com diâmetro entre 4 e 8 mm, e a coloração varia conforme a espécie ou variedade, o que influencia a quantidade de taninos. Geralmente, apresenta uma cor marrom clara e seu peso variando de 3 a 80 mg. O tegumento representa cerca de 4% do grão, o embrião 10%, e o endosperma 86%, com variações dependendo do

genótipo e das condições do ambiente. O endosperma do grão de sorgo é rico em proteínas, variando de 10% a 12%, e o restante é composto principalmente de amido (cerca de 82%) e uma pequena porcentagem de lipídios (0,6%). Ele pode ser classificado como vítreo ou farináceo, sendo o primeiro caracterizado pela dureza oriunda das proteínas e o segundo pela característica da farinha devido à baixa quantidade de proteínas em relação ao amido. (Silva, 2015)

As sementes de sorgo são compostas por um cotilédone, o que classifica a planta como monocotiledônea. Elas são formadas por três componentes principais: embrião, tegumento e endosperma. O tegumento é o tecido protetor que envolve o embrião, enquanto o endosperma é o tecido de reserva energética. O grão de sorgo é o conjunto desses elementos. O formato do grão pode variar de redondo a elíptico, com diâmetro entre 4 e 8 mm, e a coloração varia conforme a espécie ou variedade, o que influencia a quantidade de taninos. Geralmente, apresenta uma cor marrom clara e seu peso variando de 3 a 80 mg. O tegumento representa cerca de 4% do grão, o embrião 10%, e o endosperma 86%, com variações dependendo do genótipo e das condições do ambiente. O endosperma do grão de sorgo é rico em proteínas, variando de 10% a 12%, e o restante é composto principalmente de amido (cerca de 82%) e uma pequena porcentagem de lipídios (0,6%). Ele pode ser classificado como vítreo ou farináceo, sendo o primeiro caracterizado pela dureza oriunda das proteínas e o segundo pela característica da farinha devido à baixa quantidade de proteínas em relação ao amido. (Silva, 2015).

O sorgo é uma planta C4, com taxas elevadas de fotossíntese e dia curto, necessita de temperaturas acima de 21°C, é tolerante ao déficit hídrico e possui a competência de suportar solos com excesso de umidade (MAGALHÃES et al., 2003).

De acordo com Silva et al. (2023), o sorgo possui sistema radicular profundo chegando até 1,5 m de profundidade para 2 m de largura, sendo bastante fibroso, possui perfil foliar de planta xerófita, apresentando serosidade e ausência de pilosidade o que garante a tolerância da planta ao déficit hídrico. Prolongado é uma menor necessidade hídrica, quando comparado a outros cereais, como por exemplo o milho que precisa de 370 a 500 kg de água para produzir um kg de matéria seca, enquanto que o sorgo necessita apenas de 330 kg de água.

É relevante também ressaltar a grande adaptabilidade do sorgo para diferentes tipos de solo, diferente clima, sendo o mesmo cultivado no Sul a regiões Centrais, e o seu plantio durante o ano todo no Nordeste com pluviometrias que chegam a 600 mm por ano, e a tolerância de algumas variedades a solos e água salina, como por exemplo, o cultivar sorgo Sudão IPA 4202, por exemplo Silva, V. de P. R., Silva, B. B. da, & Souza, J. L. (2024).

3.2 ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO DO *SORGHUM BICOLOR* (L.) MOENCH

O primeiro estágio vegetativo do *S. bicolor*, vai do período da emergência até o início da formação da panícula, sendo considerado de suma importância uma germinação precoce, tendo em vista o seu crescimento lento de plântula a planta e a sua baixa capacidade de impedir o crescimento de plantas daninhas, tal fase é delimitada na produção dos grãos.

No segundo estágio vegetativo (EC2), que se inicia com o surgimento da panícula e vai até o florescimento, é crucial dar atenção especial ao desenvolvimento da área foliar, ao sistema radicular e à acumulação de matéria seca, bem como ao estabelecimento de um número potencial de sementes. Esses fatores influenciam diretamente na produção de grãos, e é nesse período inicial que a planta demanda maior quantidade de água, uma necessidade que se estende até a próxima fase. Já no estágio vegetativo (EC3), que vai da floração até a maturação fisiológica do grão, ocorre o enchimento do grão, sendo que o rendimento final está intimamente ligado à duração desse processo e à taxa de acumulação diária de matéria seca (MAGALHAES et al., 2003).

Com o surgimento do cartucho da terceira folha, dez dias após a emergência, estágio 2 ocorre em V5 com o surgimento do cartucho da quinta folha, após três semanas da emergência, estágio 3 em V8 com o surgimento da oitava folha, após trinta dias da germinação, essa fase marca o final do estágio vegetativo e o início da fase reprodutiva, sendo notório um alongamento do colmo entre a V7 e V10 e o completo desenvolvimento das folhas, dando início ao estágio 4 com a formação da folha bandeira, estágio 5 a completa formação das folhas em seu tamanho e largura final, a máxima área foliar possível, tendo então o início do estágio reprodutivo R0 marcado pela panícula alcançar o limite máximo da bainha foliar dentro da folha bandeira, estágio 6 com 50% do pendão floral, floriu, tendo se passado cerca de 70 dias após a emergência, estágio 7 a planta teve todas as flores fecundadas e os grãos se encontram na forma leitosa e um acúmulo de aproximadamente 50% de massa seca, estágio 8 os grãos estão pastosos e um acúmulo de 75% de matéria seca acumulada, sendo este R3 e por fim o estágio 9 os grãos alcançaram a maturidade fisiológica e se encontram com 22 a 23% de umidade cerca de 95 dias após a germinação (MAGALHÃES et al., 2003).

3.3 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA E DA PRODUÇÃO DO SORGO

O sorgo é uma planta que foi selecionada ao longo da história para atender as necessidades humanas, sendo considerada uma planta rica em nutrientes e excelente forrageira para alimentação animal. Destaca-se destacando-se pela adaptabilidade em regiões quentes e

secas, sendo domesticado a 3000 AC e sua introdução no mundo árabe entre 1.000 a 800 AC, chegando ao século I DC na Índia. Partindo da Índia, o sorgo alcançou a Europa por meio da Itália e Oriente, entre 60 a 70 anos DC, em seguida, alcançou a China no século III DC. O sorgo foi introduzido nas Américas no Caribe, por meio de escravos africanos, partindo dali atingido o Sudoeste dos Estados Unidos, no século XIX, teve a sua primeira lavoura datada em 1853 e em 1857, o Departamento de Agricultura dos EUA começou a trabalhar com o melhoramento genético do sorgo, tendo em vista que as cultivares da época tinham porte muito alto e era muito tardia, dificultando a produção na região próxima à linha do Equador, como também a sua colheita uma vez que as plantas altas dificultavam a colheita mecanizada e manual dos grãos, tais plantas eram semelhantes às variedades forrageiras atuais. Durante a primeira década do século XX o sorgo foi plantado em larga escala para a produção de xarope e melaço nos EUA, no entanto com o avanço da mecanização agrícola os programas de melhoramento genético alcançaram uma variedade de “tipos combinados” ou sorgos graníferos, que tem maior precocidade, maior produção de grãos e maior resistência ao déficit hídrico durante uma década de 40 o que se tornou até hoje os EUA como maior produtor de sorgo do mundo. Trabalhos de melhoramento genético realizados por JR Quinby e JC Stephens viabilizaram os híbridos durante a década de 60. O que fez com que o sorgo fosse produzido em larga escala em outros países, sendo os principais Argentina; México; Austrália; China; Colômbia; Venezuela; Nigéria; Sudão e Etiópia, que apresentam as mesmas características de clima e pluviosidade da região que o sorgo é cultivado nos EUA (RIBAS, 2003).

O sorgo é o quinto cereal mais produzido no mundo, por ser o cereal que mais se assemelha do milho (*Zea mays*), tendo a energia metabolizável de 5% menor que o milho (GARCIA et al., 2005) e por ter híbridos bastante resistente a seca, necessitando de apenas 375 a 625mm, e temperaturas altas, atrelado a sua alta eficiência fotossintética e sua vasta utilização que vai desde da produção de álcool a partir do seu colmo, como também produção de colas, tintas, farinhas, vassouras da panícula e entre outras finalidades se destacando a produção de silagem de excelente qualidade (RIBAS, 2003 e CAMPOS, AG (2017).

Segundo a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura a FAO (FAOSTAT, 2019), em 2019 foram produzidos mundialmente, 61,6 milhões de toneladas de sorgo, sendo os maiores países produtores em ordem crescente a Nigéria com 11,4 milhões de toneladas, Estados Unidos com 10,3 milhões de toneladas, México 6,8 milhões de toneladas, Índia 6,3 milhões de toneladas e Sudão 3,9 milhões de toneladas.

A estimativa de grãos para a safra 2021/2022 foi de cerca de 271,2 milhões de toneladas, sendo que o sorgo alcançou uma produção recorde de 2,85 milhões de toneladas. Isso representa

um aumento significativo de 36,9% em relação à safra anterior. Além disso, o sorgo apresentou a maior expectativa de crescimento em comparação com outros grãos, com um aumento de 32,3 mil toneladas, passando de 2021/22 para 2022/23, mesmo considerando que a área de plantio permaneceu estável (CONAB, 2022).

Durante a safra 2021/2022 a área de produção do sorgo no Brasil, foi de 1,032 milhão de hectares, já para a safra 2022/2023 a previsão foi de 1,054 milhão de hectares sendo Goiás o principal Estado produtor detendo 45% da produção nacional (CONAB, 2023).

Para Silva (2023), em todo o território brasileiro, as áreas de cultivo do sorgo possuem crescimento lento, tendo em vista o potencial da cultura, , onde a região do MATOPIBA (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia), considerada como a nova fronteira agrícola de expansão do agronegócio, sendo uma área de características edafoclimáticas excelente para o cultivo do sorgo. Além disso, devido o seu alto potencial, de ser uma cultura produzida entre a safra, gerando renda e biomassa para a cobertura do solo, uma vez que os solos do cerrado são altamente susceptíveis a erosão.

3.4 ASPECTO DA QUALIDADE DA PRODUÇÃO DO SORGO

A qualidade nutricional das sementes está diretamente ligada à fertilização do sol, que deve ser ajustada conforme as demandas da área, incluindo a correção da acidez e da toxicidade do alumínio. Além disso, um regime pluviométrico adequado para uma cultivar é essencial, assim como uma colheita planejada para o período de estiagem e um armazenamento eficiente. Tal prática garante que o sorgo alcance seu potencial nutritivo máximo sem grandes perdas no grão (COELHO et al., 2002).

Os principais aspectos da qualidade dos grãos de sorgo estão relacionados com a qualidade nutricional e a sanidade dos grãos, sendo este o factor limitante na hora da sua utilização, seja em humanos ou animais, tendo em vista que os fungos podem libertar micotoxinas, como por exemplo Aflatoxinas, Zearalenona e Fumonisinias relevantes aos seres vivos. Os fungos são a principal doença dos grãos devido à estrutura floral da planta, na qual não se tem nenhuma estrutura de proteção e os grãos na panícula ficam aglomerados o que favorecem a plorifação e infestação da doença dos principais fungos que acometem o sorgo são *Cladosporium* sp., *Alternaria tenuis*, *Drechslera turcica*, *Drechslera sorghicola*, *Fusarium moniliforme*, *Fusarium semitectum*, *Fusarium subglutinans*, *Penicillium* sp., *Phoma sorghina*., *Monilia* sp., *Trichoderma* sp., *Rhizopus* spp., *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Macrophomina phaseolina*, *Curvularia lunata*, *Colletotrichum graminicola*, *Cercospora*

sorghii, *C. fusimaculans*, and *Sphacelia sorghii* (*Claviceps africana*) (PINTO, 2003).

A estrutura floral do sorgo não possui proteção para suas sementes, logo a planta desenvolve mecanismos químicos, os compostos fenólicos para se proteger de patógenos e animais. Principalmente os taninos condensados oriundos de metabólicos secundários impedem que os nutrientes sejam absorvidos, principalmente pelos animais monogástricos. Pesquisadores encontraram resultados em que percentuais abaixo de 0,70% de tanino no grão são oriundos de outros fenóis e não ao tanino condensado prejudicial à alimentação tanto na palatabilidade quanto na absorção de nutrientes. Os grãos que possuem quantidades altas de tanino ou fenol são encontrados na testa da semente (tecido bem pigmentado, abaixo do pericarpo), logo se tem testa a cultivar possui tanino. Os mesmos ainda podem interferir na coloração dos alimentos quando processados em ambiente alcalino (MAGALHÃES, 2003).

3.5 QUALIDADE DA SEMENTE

Segundo a Instrução Normativa MAPA 45/2013 (DOU 18/09/2013) (MAPA, 2013), uma boa semente é oriunda de uma boa seleção genética descrita como “Semente certificada de primeira geração,” na qual passou por um manejo nutricional de planta adequada, manejo de práticas e doenças da planta mãe, seleção de plantas e por fim um ótimo armazenamento e condicionamento de sementes, garantindo assim sua fitossanidade, germinação e vigor.

Para uma excelente produção de sementes de sorgo, é necessário que o produtor atenda aos critérios rigorosos de pré-colheita, tais como Rouguing (eliminação de plantas indesejáveis na produção de sementes), faça análises do teor de umidade quando os grãos atingem 30% a cada 3 dias, precedendo assim a colheita. Dessecar as plantas quando atingem umidade de 18 a 20% com a finalidade de se obter uniformidade na colheita é interessante ressaltar que o agricultor deve evitar utilizar produtos de ação sistêmica para não atrapalhar a germinação. Durante a colheita/beneficiamento os grãos são separados das impurezas e secos em secadores naturais ou artificiais tomando o cuidado de não utilizar temperaturas que afetem o embrião da semente e uma seleção de grãos impuros, em seguida os grãos são expurgados (aplicação de defensivo agrícola com a independência de evitar doenças e declarações nos grãos), tais práticas garantem ao produtor sementes de altas taxas de germinação e vigor elevado (SANTOS et al., 2021).

Antes de comprar sementes é de suma importância que o agricultor busque sementes certificadas conforme o DECRETO Nº 10.586 DE 18 DE DEZEMBRO DE 2020, que trata da Lei nº 10.711, de 5 de agosto de 2003, que dispõe sobre o Sistema Nacional de Sementes e Mudanças, Brasil (2020), na qual por meio do MAPA (Ministério da agricultura e pecuária)

padroniza a produção de sementes e traz segurança para o agricultor com sementes certificados acompanhados de laudo informando a germinação, as purezas físicas e varietais e a qualidade sanitária da semente. Os laboratórios podem emitir ainda o atestado de origem genética, o certificado de Sementes, ou o termo de conformidade das sementes produzidas, garantindo assim que as sementes de boa qualidade tenham melhor desempenho diante dos intemperes bióticos e abióticos presentes na região (KRZYZANOWSKI et al., 2018).

3.6 QUALIDADE FISIOLÓGICA

Diferentes gêneros de fungos, bactérias, fitovírus e nematoides acometem as sementes causando prejuízos de inibição da germinação, queda da produtividade e tombamento de plântulas, dentre eles temos *Fusarium spp*, *Colletotrichum spp*, *Curvularia spp*, *Phoma spp*. dentre outros pertencente ao gênero fungi; Gênero das bactérias temos *Xanthomonas spp*, *Pseudomonas spp*, *Erwinia spp*, *Clavibacter spp* e etc, no entanto o gênero das bactérias não possui uma grande frequência nas sementes de sorgo, quando comparado aos fungos; Os principais gêneros de vírus são Fabavirus, Nepovirus, Comovirusentre, Rymovirus, Macluravirus, Sobemovirus, Idaeovirus, Umbravirus e outros e por último os nematóides que pertencem ao reino Animal, sub- reino Metazoa e filo Nemata, os principais gêneros que acometem as sementes são Aphelenchoides, Anguina, Ditylenchus, Heterodera. Estes podem parasitar de forma externa o tegumento das sementes, se fixar a pálea ou ainda na fração impura do lote de sementes (restos de cultura, partículas de solo, sementes de ervas daninhas e etc), por exemplo, e de forma interna por meio do endosperma e embrião, que podem conter micélio dormente, cistos ou galhas de nematóides, células bacterianas e partículas de vírus, escleródios ou estromas fúngicos, corpos frutíferos e esporos de fungos (BRASIL, 2020).

3.7 QUALIDADE SANITÁRIA

A semente é a propagação sexual ou disseminada, propágulo sendo o responsável pela dispersão ou diásporo. Obrigatoriamente deve conter um embrião denominado assim de semente verdadeira, que se forma pelo óvulo maduro fecundado, ou ainda parte de fruto, sendo pseudofrutos que se desenvolvem a partir de outras partes florais como, por exemplo, o pedúnculo e o receptáculo. Basicamente as sementes das angiospermas são contidas em embrião, cotilédones mais eixo embrionário e endosperma, em algumas espécies podem estar ausentes (FERREIRA; BORGHETTI, 2004).

A transparência das sensações é algo inerente à sua vida, como acontece em todos os seres vivos, que não fornece manter suas funções metabólicas indefinidamente. Tal fato está ligado diretamente ao vigor da mente e a diversos fatores que podem acelerar este processo, tais como respiração acelerada por temperatura, umidade e microrganismos, longo tempo de armazenamento, manipulação por patógenos e conseqüentemente a queda do metabolismo, reservas de nutrientes e entre outros fatores que aceleram as restrições da semente (KRZYZANOWSKI et al., 2022).

A qualidade fisiológica da semente depende diretamente da atualização tecnológica do grão, o embrião maduro, que posteriormente irá germinar originando uma plântula, é determinado pelo vigor e diretivas, determinados pela taxa de emergência e emergência total. O auto vigor representa uma maior velocidade metabólica, o que torna as plantas maiores, raiz primária maior e mais forte e taxa de crescimento melhor tendo em vista os mecanismos bioquímicos e uma maior quantidade de nutrientes no endosperma, que rapidamente se degradam e nutrem o embrião tornando assim uma semente de qualidade fisiológica ótima, mais rápida na sua germinação e povoamento da área, garantindo uma melhor obtenção de recursos para o seu crescimento (PÁDUA et al., 2010).

3.8 O FUNGO TRICHODERMA

O gênero de fungos *Trichoderma* é anamorfo, portanto a reprodução é assexuada, a taxonomia dos fungos suporta o nome “*Trichoderma*” para os fungos que possuem as características do gênero *Hypocrea*, independentemente do tipo de reprodução sexuada ou assexuada, a nomenclatura “*Hypocrea*” só é utilizada quando se observa a presença de ascósporos. O sequenciamento das diferentes espécies de *Trichoderma* mostrou que os indivíduos têm um grande número de genes que codificam chaperonas (proteínas reparadoras em condições ambientais adversas) e transportadores ABC (proteínas da membrana celular que facilitam a entrada de substâncias nutritivas e precursores biossintéticos, que secretam metabólitos primários e secundários, eliminando assim substâncias tóxicas para o microrganismo absorvido pelo mesmo) (ABREU et al., 2019).

Foi de suma importância para as espécies de *Trichoderma*, a presença em grande quantidade e qualidade de genes codificados de enzimas hidrolíticas como as glucanases, quitinases e proteases, tal característica intimamente atrelada à produção de metabólitos secundários destacando-se 183 com características antibióticos, descrevendo o *Trichoderma* como um microrganismo que era um micoparasita em sua forma ancestral. Com o decorrer de

milhares de anos, o *Trichoderma* adquiriu, por meio do parasitismo em hifas de fungos decompositores de lenho, por meio de transferência horizontal de genes, a capacidade de degradar a matéria orgânica vegetal e conseqüentemente às enzimas para alterar seu estilo de vida. Passando assim a abitar a rizosfera, o endofitismo exerce assim uma relação de mutualismo com o reino vegetal (ABREU et al., 2019).

O primeiro produto disponível no mercado em 1987, elaborado a partir de grãos de sorgo colonizados por *Trichoderma viride* para o controle de *Phytophthora cactorum*, por meio da EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). Ouve um aumento significativo após o ano 2000, o que movimentou a indústria a lançar novos produtos, e em 2006, teve o primeiro registro de um produto à base de *Trichoderma*. Os biofungicidas à base de *Trichoderma*, registrados no MAPA (Ministério da Agricultura e Pecuária) em 2019 totalizaram 21 produtos destinados ao controle de *Fusarium solani f. sp. phaseoli*, *Rhizoctonia solani*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Rhizoctonia solani*, *Macrophomina phaseolina*, *Pratylenchus brachyurus*, *Fusarium oxysporum f. sp. Lycopersici*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Heterodera glycines*, *Meloidogyne*, *Pratylenchus brachyurus*, and *Moniliophthora perniciosa*.

Clado *Harzianum Trichoderma harzianum* é uma 'morfo-espécie' mais utilizada no controle biológico de patógenos no mundo, por apresentar maior variedade de espécies não só e matéria orgânica em diferentes áreas geográficas. A grande maioria dos isolados de *T. harzianum*, pode ser descrito como *T. harzianum* lato sensu, por meio do jargão da taxonomia. O clado *Harzianum* possui populações recombinantes, populações clonais ou ainda filogenéticas solitárias divergindo se das demais o que impossibilita um conceito de espécie para o *T. harzianum* (ABREU; PFENNING, 2019).

A principal característica do *Trichoderma* é ser um organismo altamente adaptável e oportunista nos seus abetos alimentares seja através da predação de outros microorganismos tais como fungos, bactérias, nematóides e entre outros ou sua alimentação da matéria orgânica presente no meio, tais características o levaram a abitar a rizosfera das plantas em diferentes áreas geográficas podendo ser desde áreas frias como a Antártica até mesmo áreas quentes como o deserto do Saara. No entanto, a maioria dos *Trichodermas* conhecidos e catalogados tendem a ter maior quantidade e variedade genética em áreas tropicais com solos predominantemente ácidos. Contudo não é um fator limitante tendo em vista as suas estruturas de resistência, clamidósporos e microescleródios, podendo assim abitar diferentes substratos, climas e altitudes (PINTO et al., 2019).

O *Trichoderma* como todo fungo se alimenta por meio de suas hifas e elas possuem genes que codificam enzimas hidrolíticas, como as glucanases, quitinases e proteases, essa

característica somada à produção de metabólicos secundários, garantindo que o *Trichoderma* seja um micoparasita eficiente, se nutrindo de outros fungos. Portanto todas as espécies de *Trichoderma* são eficazes parasitas de fungos fitopatogênicos e de oomicetos. As proteases de *Trichoderma* são eficientes no controle de nematoides de forma direta “laçando” a sua presa com as hifas e se enovelando em volta da mesma e por meio das enzimas degradadoras da parede celular se alimentam dos restos do nematoide, tais enzimas também são eficientes na prevenção da germinação de esporos e crescimento de hifas, como também afeta as estruturas de resistência de outros fungos, por exemplo, escleródios e clamidósporos de diversos patógenos vegetais tais como: *Armillaria*, *Botrytis*, *Colletotrichum*, *Diaporthe*, *Fusarium*, *Helminthosporium*, *Macrophomina*, *Monilia*, *Monilinia*, *Nectria*, *Phoma*, *Phytophthora*, *Plasmopara*, *Pseudoperonospora*, *Pythium*, *Rhizoctonia*, *Rhizopus*, *Sclerotinia*, *Sclerotium*, *Ustilago*, *Venturia*, *Verticillium*, e entre outros (MONTE et al., 2019).

Após enfrentar as defesas da planta e não representar perigo às suas funções metabólicas *Trichoderma* se torna um “aliado” de forma sistêmica as defesas da planta, sem necessariamente ter um contato direto com o patógeno ou ser atuado a um estresse, ele estimulando a planta desde seu primeiro contato com os tecidos das raízes até a sua entrada nos tecidos vegetais a produção em maior quantidade de JA/ET (ácido jasmônico/etileno) e ácido salicílico, regulando os níveis de etileno endógeno na planta, na produção de fitohormônios auxina e ácido salicílico. Tal resistência é passada para as próximas gerações, tendo assim progenitores resistentes a patógenos e promoção de crescimento (MONTE et al., 2019).

Além das vantagens de ser uma ferramenta de controle biológico do *Trichoderma* auxilia na absorção de nitrogênio, levando em consideração que a maioria do nitrogênio presente no solo é na forma orgânica e que tal forma é impossível de ser absorvida, pelas plantas e pelo nitrogênio sintética, só é absorvido cerca de 30% a 50% do que foi aplicado. O *Trichoderma* fornece um maior rendimento do nitrogênio em comparação às plantas que não foram tratadas com o mesmo, portanto o uso de *Trichoderma* promovendo a absorção de nitrogênio um macro nutriente essencial para o crescimento e desenvolvimento das plantas, sendo este um componente essencial das proteínas, ácidos nucleicos, clorofila e muitos outros metabólitos secundários (MONTE et al., 2019).

Dos produtos à base de *Trichoderma*, a espécie *Trichoderma harzianum* é o mais comercializado mundialmente, sendo encontrado, quando considerados os produtos sem mistura de microrganismos, em 38,8% dos produtos comerciais. Entretanto, quando considerados os produtos onde há mistura de espécies de *Trichoderma* este valor chega a 50%

dos produtos disponíveis no mercado mundial e sobe para 60% quando considerados todos os produtos, incluindo aqueles cujas espécies de *Trichoderma* são misturadas com outros fungos, bactérias e micorrizas (BETTIOL et al., 2019).

O *Trichoderma* tem a capacidade de promover um crescimento das plantas e um aumento da produtividade, na cultura do milho, por exemplo, a um aumento de 820 kg/há, quando as sementes são tratadas com *Trichoderma* o mesmo fato se repete com as culturas do arroz, trigo e tomate com *Trichoderma harzianum*, onde foi oferecido um aumento da taxa fotossintética, peso das plantas, comprimentos das raízes, maiores numeram de brotação, maior número de folhas e área foliar maior, e a característica de diminuição do estresse salino, característica essa de suma importância em sistemas de supervisão com água salobra ou em solos salinos o que garantem uma maior produtividade das culturas tolerantes à salinidade, foi comprovado que *Trichoderma harzianum* T34, na ausência de fertilização artificial, auxiliou o crescimento do tomateiro independente do estresse salino. No entanto, quando a planta é estimulada em excesso por fertilizantes químicos e por biológicos, nesse caso *Trichoderma*, há um aumento da sensibilidade à salinidade (BETTIOL et al., 2019).

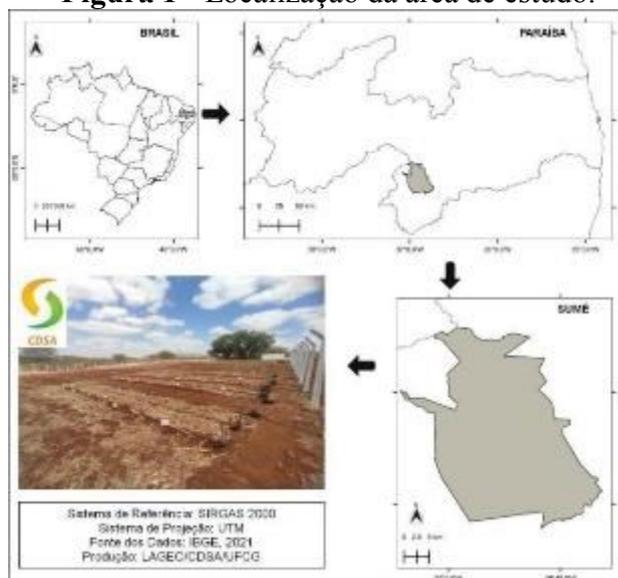
4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 LOCAL DOS EXPERIMENTOS

A microrregião do Cariri Ocidental paraibano está localizada no centro do estado da Paraíba sendo composta pelos municípios Amparo, Assunção, Camalaú, Congo, Coxixola, Livramento, Monteiro, São João do Tigre, São Sebastião do Umbuzeiro, Serra Branca, Sumé, Taperoá, Zabelê, Ouro Velho, Parari, Prata e São José dos Cordeiros., Possui um clima predominantemente do tipo Bsh (semiárido quente), precipitações médias mensais de 43,7 mm, com estação seca atingindo até 11 meses, no mês de junho a dezembro e uma estação chuvosa podendo durar de 3 a 4 meses do ano, nos meses de janeiro ao mês de maio, irregularmente distribuídas no tempo e no espaço. A região possui temperatura média anual de 25 a 27°C, e a insolação média de 2.800 horas/ano. Sendo a umidade relativa do ar de 50% e as taxas médias de evaporação de 2.000 mm/ano. O ciclo de períodos de anos secos é de 10 anos e úmidos 11 anos (DINIZ et al., 2020).

O experimento foi realizado na Área Experimental do LAFISA - Laboratório de Fitossanidade do Semiárido, localizado na Universidade Federal de Campina Grande, Campus de Sumé - PB, no Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido (CDSA/UFCG), localizado em 07°40'19'' Sul e 36° 52' 48'' Oeste e altitude 538 m, (Figura 1).

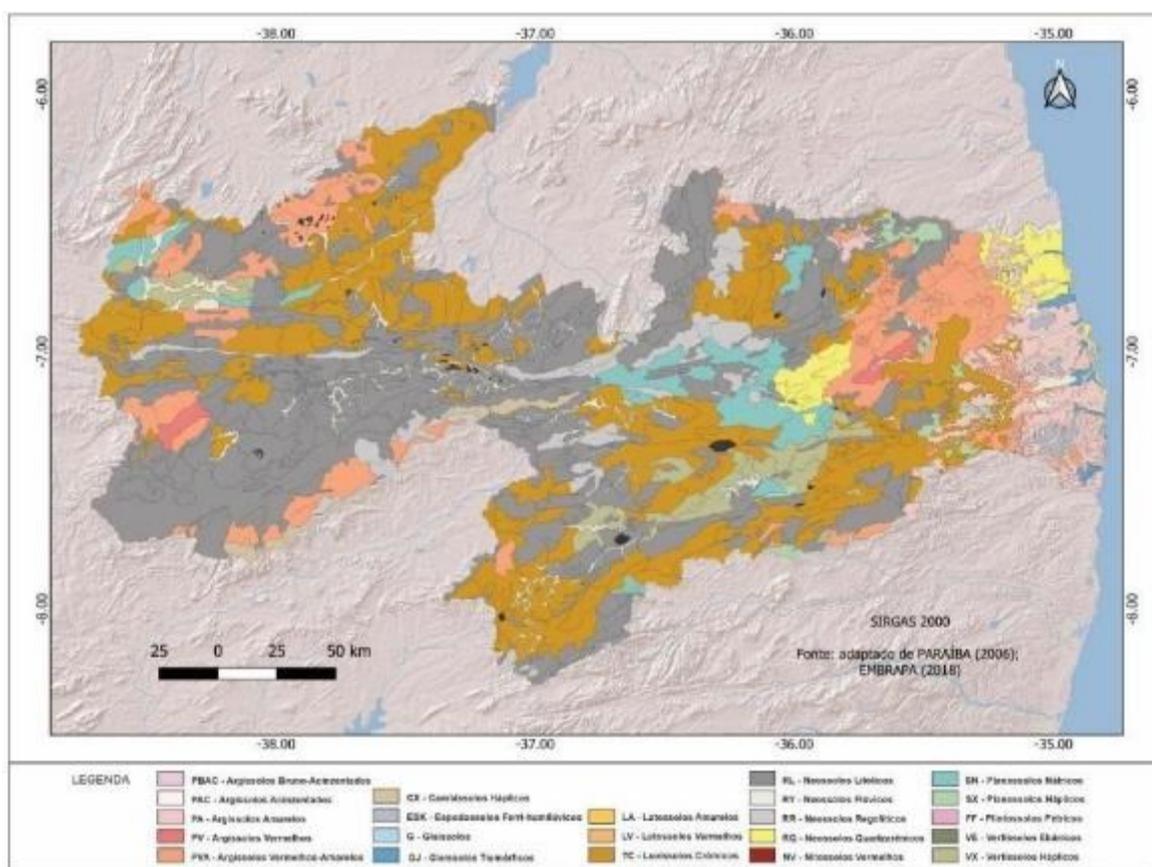
Figura 1 - Localização da área de estudo.



Fonte: CRUZ, (2023).

Para Francisco et al. (2023), o solo da região é classificado como Vertissolos Háplicos, sendo o Luvissole o mais abrangente (Figura 2), onde são compostos de materiais minerais, de boa fertilidade com limitações a mecanização, pois são considerados duros quando secos e muito plásticos e pegajosos quando molhados, devido a camada B apresentar argila com alta atividade e alta saturação alcalina. Os requisitos atendidos são os seguintes: Plintossolos, vertissolos, e, se presentes, Planossolos. No entanto, não atendem aos critérios para Plintossolos, Vertissolos, e Planossolos se a porção de superfície da camada de textura B não coincidir (ZARONI; ALMEIDA, 2021).

Figura 2 - Solos do Estado da Paraíba.



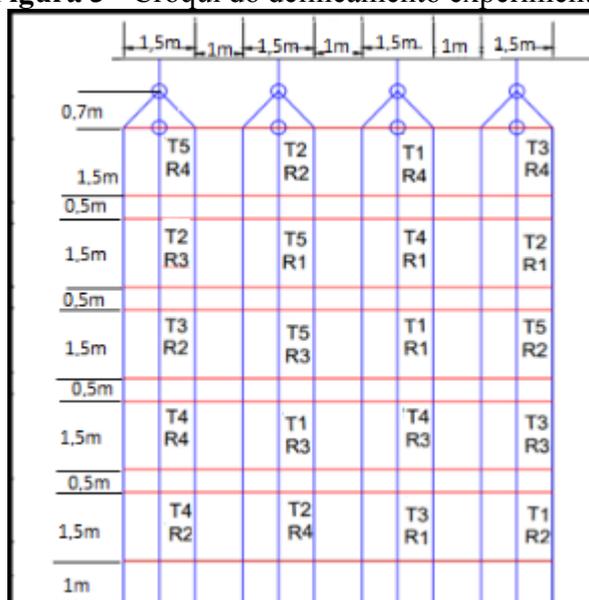
Fonte: Francisco et al. (2023).

A limpeza da área foi realizada com o auxílio de enxadas e rastelos, posteriormente fez a delimitação da área com uma trena e a sua demarcação com piquetes fincados no solo. Sendo 9 m de largura e 12 m de comprimento um total de 108 m², sendo cada parcela constituída de 1,5 m de largura, por 1,5 m de comprimento, com espaçamento de 0,75 m entre linhas e 0,3 m entre as parcelas. Cada parcela possuía três linhas de plantio com o comprimento de 1,5 m cada; Em

seguida, foi realizada a instalação do sistema de irrigação, optando por gotejamento, com fita de gotejadores de espaçamento de 0,3m., A irrigação da a área foi realizada até se obter a capacidade de campo e então iniciou-se a abertura dos berços. Cada linha de plantio com 5 berços, em cada berço foi depositado 2 sementes de sorgo (para aumento da taxa germinativa), após a emergência realizou-se o desbaste deixando apenas uma plântula (a remoção durante a fase de plântula não afetou a outra plântula) em cada berço, sendo esta a de maior vigor.

Tendo assim uma quantidade de cem plantas de sorgo, distribuídas em 20 parcelas, com o objetivo de se avaliar as cinco plantas da linha central de cada parcela, sendo as laterais borda dura do-experimento. Para melhor visualização da área trabalhada temos a Figura 3.

Figura 3 - Croqui do delineamento experimental.



Fonte: Autor (2023).

4.2 CORREÇÃO DO SOLO E ADUBAÇÃO

4.3 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E DE FERTILIDADE DO SOLO DA ÁREA DE ESTUDO

Os parâmetros físicos, macro e micro nutrientes, sódio e pH são esboçados na Tabela 1.

Tabela 1 - Parâmetros físicos e de fertilidade do solo da área experimental.

Parâmetros	Resultados
Cálcio (meq/100g de solo)	7,75
Magnésio (meq/100g de solo)	5,85
Sódio (meq/100g de solo)	0,38

Potássio (meq/100g de solo)	0,68
Alumínio (meq/100g de solo)	0,00
Matéria Orgânica %	1,34
Nitrogênio %	0,08
pH (Extrato de Saturação)	7,75
Salinidade	Não salino

4.4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO

Realizou-se a análise da água tendo em vista a característica da região de possuir poços salinos o que poderia comprometer o experimento. Conduziu-se as amostras de água até o Laboratório de Fenômenos, Hidráulica, Irrigação e Drenagem (LAFHID/CDSA/UFCG) e no Laboratório de Química e Fertilidade do Solo (LASOL/CDSA/UFCG) e tendo como resultado a Tabela 2.

Tabela 2 - Parâmetros físicos e químicos da água

Parâmetros	Resultados
Condutividade Elétrica	1,345 dS/m
Temperatura	22.6 °C
Sódio	1,2 mmolc/L
Potássio	0,12 mmolc/L
Salinidade	0,71 ppt
Resistência	774 Ohm
Sólidos Totais Dissolvidos	731 ppm
Cálcio	2.2 mmolc/L
Magnésio	4.2 mmolc/L

Por meio dos dados da Tabela 2, e pelo cálculo de Adsorção de Sódio (RAS) obtivemos os resultados:

$$RAS = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}} \Rightarrow RAS = \frac{1,2}{\sqrt{\frac{2,2 + 4,2}{2}}} = \frac{1,2}{1,76} \quad RAS = 0,68$$

Após obtenção do resultado comparamos com o sistema de classificação da água para irrigação em função da salinidade, sendo classificada como C3S1 onde C3 indica água com salinidade alta, CE entre 0,75 dS/m a 2,25 dS/m e S1 na faixa de 0 – 10, segundo a sua classificação apresenta baixo risco de problema causado por sodicidade da água (RICHARDS, 1954).

Como a quantidade de Alumínio foi nula e o pH neutro (Tabela 1), práticas de gessagem e calagem do solo não foram necessárias. Já em relação a macronutrientes realizou-se duas adubações sendo uma de plantio com NPK com concentração de 16-16- 16; 4 dias antes da semeadura, mantendo a irrigação para que os macronutrientes se estabilizem no solo, na seguinte dosagem 100g de NPK por linha incluindo as bordaduras.

E uma adubação de cobertura 22 dias após a semeadura, diluindo 500g de NPK na concentração 16-16-16 em 4L de água, onde aplicou-se 333 mL de solução diluída em 2L de água (sempre mechendo tendo em vista a baixa diluição do fosforo) e com o auxílio de um regador foi aplicado 2,333L de solução em cada linha do experimento.

Os restos de culturas anteriores foram mantidos sobre o solo de cada tratamento, com a finalidade de formar palhada, garantindo assim menor incidência dos raios solares sobre o solo, conseqüentemente menor evaporação da água do solo, temperaturas mais baixas e melhor qualidade microbiológica e nutricional do solo.

4.5 SEMEADURA E APLICAÇÃO DOS TRATAMENTOS DE *TRICHODERMA HARZIANUM*

Por meio de pesquisa e diálogo com pesquisadores definimos as doses de *Trichoderma harzianum* sendo quatro tratamentos e a testemunha. Logo temos o tratamento zero a testemunha, quatro repetições com ausência do *Trichoderma*; Tratamento um, com quatro repetições, solução de *Trichoderma* 50 ml; Tratamento dois, com quatro repetições, solução de *Trichoderma* 100 ml; Tratamento três, com quatro repetições, solução de *Trichoderma* 150 ml; Tratamento quatro, com quatro repetições, solução de *Trichoderma* 200 ml. Fomos aplicando as dosagens em cada tratamento, identificado com sua respectiva placa e piquete com o auxílio de um regador Figura 4:

Com o solo em capacidade de campo, abriu-se sulcos na terra em todas as linhas de plantio, com as seguintes dimensões 1,5 m de comprimento, 10 cm de largura e 5 cm de profundidade, em seguida semeou-se as sementes de sorgo da variedade ADV 1151 IG e foi aplicado as doses de *Trichoderma harzianum*, previamente diluído na seguinte proporção, 0

(testemunha), 50, 100, 150 e 200 ml diluído em cinco litros de água (analisou-se o pH e temperatura, de acordo com o fabricante do produto), aplicando assim 250 ml de solução pronta em cada parcela correspondente, abrangendo quatro 4 repetições, sendo estas:

Figura 4 - Aplicação das dosagens com o auxílio de um regador



Fonte: Autor (2023).

4.6 TRATOS CULTURAIS

Foi realizado capinas com o auxílio de enxadas, para não ter concorrência das plantas espontâneas com a cultura do sorgo, também foi realizado a amontoa com a finalidade de estimular o crescimento das raízes adventícias. O monitoramento de pragas e doenças foi realizado todos os dias durante o período de irrigação, notando apenas a presença de pulgões e pássaros. O controle dos pulgões foi realizado com defensivos orgânicos e o controle dos pássaros nos grãos de forma mecânica com a utilização de sacos de papel amarrados na panícula do sorgo.

4.7 AVALIAÇÕES FISIOLÓGICAS

Foram avaliados a emergência, quantificando quantas panículas emergiram em cada parcela, no sexto dia após instalação do estande, sendo este o estágio vegetativo emergente VE.

Foram avaliadas as plantas da fileira central de cada tratamento sendo estas protegidas de fatores abióticos e bióticos por bordas duras, avaliando cinco plantas da linha central de cada parcela totalizando 100 plantas avaliadas. Analisamos os seguintes parâmetros, altura da planta com o auxílio de uma trena medimos da base da planta até a ponta do colmo (em metros), diâmetro de caule foi medido com o auxílio de um paquímetro pegando uma altura de cinco centímetros do solo (em milímetros), número de folhas foi obtido pela contagem das folhas sempre disconsiderando a folha que não estava completamente formada (quantitativo) já a área foliar foi medida com o auxílio de uma trena tirando o seu comprimento e largura sendo a mesma obtida pela medição do meio da folha (cm²).

A quantificação do número de folhas foi obtida pela contagem das folhas de cada planta dentro da parcela (sendo contabilizadas as folhas que tinham limbo e bainha completamente formada). Área foliar foi obtida pela razão entre o comprimento da folha vezes a largura vezes o fator de correção 0,75 (tendo em vista que a folha não possui geometria), apresentada na Equação 1. Após a coleta dos dados altura da planta (AP), diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF) e área foliar (AF) foi calculado a média de três repetições de cada planta.

$$AF = C \times L \times 0,75, \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde: AF = Área foliar; C = Comprimento da folha; L = Largura da folha; 0,75 = fator de correção.

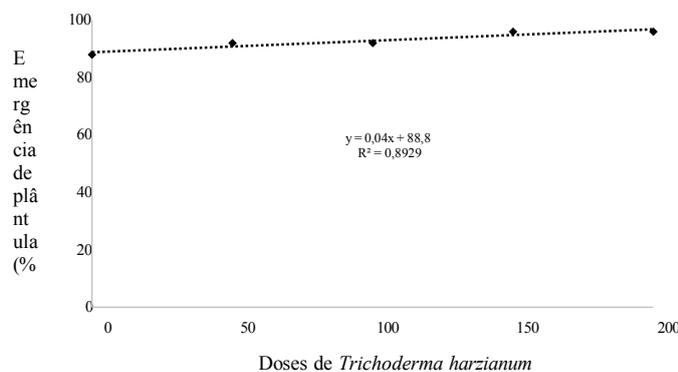
4.8 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

No estudo, adotou-se o método de bloco casualizado (DBC) como estratégia experimental, a fim de se evitar a interferência de fatores abióticos e bióticos do meio. Os registros obtidos passaram por uma avaliação de variância. Além disso, para os dados numéricos relevantes com níveis de importância indicados pelo teste F ($p \leq 0,05$), uma análise de regressão foi conduzida.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da emergência do sorgo com diferentes dosagens de *T. harzianum* estão apresentados na Figura 5, onde temos a maior taxa de emergência nas concentrações de 150 e 200 ml, chegando a emergir 96% das sementes o que corresponde a 8% a mais em relação à testemunha e nas dosagens de 50 e 100 ml tivemos uma taxa de 92%. Para Silva (2023) e Melo (1998), o agente biológico *Trichoderma harzianum* por meio da microbiolização, é o responsável pelo aumento na emergência de plântulas e maior vigor por meio do aumento na absorção de nutrientes e secreção de metabólitos secundários, estimulando a liberação de fitormônios e garantindo uma velocidade de germinação.

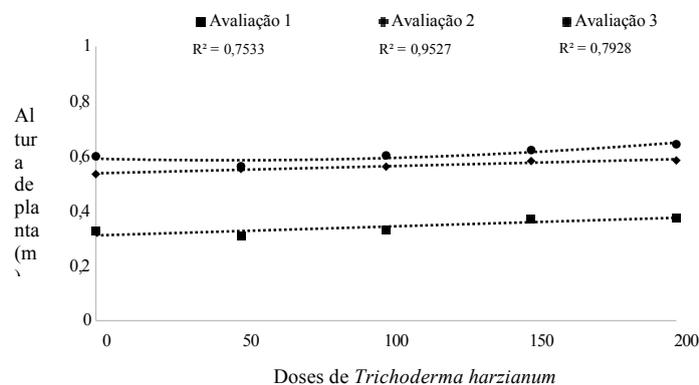
Figura 5 - Emergência de plantas de *Sorghum bicolor* em função de diferentes doses de *Trichoderma harzianum*.



Fonte: Autor (2023).

Ao avaliar a altura da planta, mostrada na Figura 6, verificou-se uma melhor eficiência de aplicações nas concentrações de 150 e 200 ml, atingindo o maior comprimento (0,64 m) de todas as amostras analisadas. Observou-se que não houve mudanças significativas nos tratamentos 50 e 150 ml de *T. harzianum*. Acosta (2014), Pacheco e Costa (2022) encontraram metabólitos de *Trichoderma* e resultados biométricos, que associam uma maior altura de plantas ao *Trichoderma*.

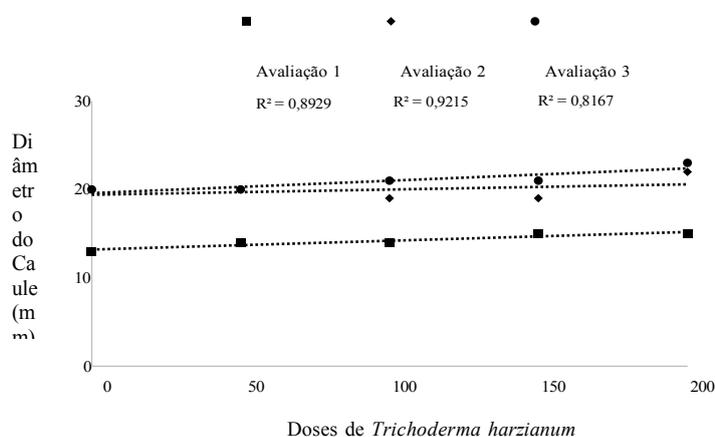
Figura 6 - Altura de plantas de *Sorghum bicolor* em função de diferentes doses de *Trichoderma harzianum*.



Fonte: Autor (2023).

A figura 7, nos trás os resultados de diâmetro do caule, tendo o maior diâmetro de 15 mm, na primeira avaliação, no tratamento com 100 ml, já na segunda e terceira avaliação temos a dosagem de 200 ml sendo o maior diâmetro do caule 23 mm em relação aos demais. David (2023) obteve resultados na cultura da soja, sendo o *Trichoderma* o responsável pela promoção de crescimento das plantas tendo em vista sua capacidade de solubilização de fosfato e produção de ácido indol acético (AIA). Cutler et al. (2011), comentam que o caule é o transportador de nutrientes, metabólitos secundários e água da planta, sendo este também o responsável pela armazenagem de reservas energéticas ao longo do caule, portanto um diâmetro maior implica em dizer que um maior fluxo de seiva passa pelo mesmo e conseqüentemente uma maior produção.

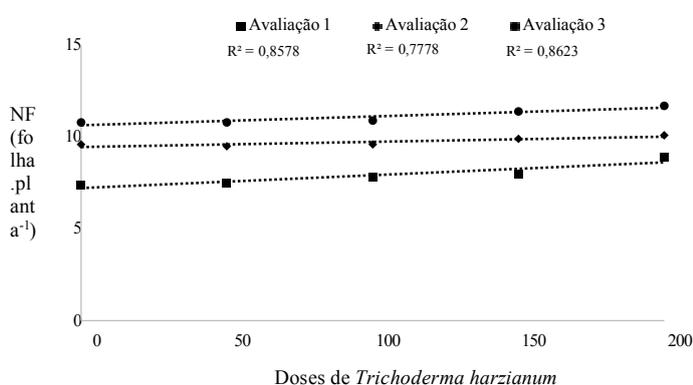
Figura 7 - Diâmetro do caule de plantas de *Sorghum bicolor* em função de diferentes doses de *Trichoderma harzianum*.



Fonte: Autor (2023).

Na Tabela 8, temos o número de folhas na qual temos o maior número de folhas nas concentrações de 150 e 200 ml com 12 folhas e o menor número na concentração de 50 e 100 ml, com 11 folhas, nas avaliações 1 e 2 a dosagem de 200 ml foi a que alcançou melhores resultados. Como delineado nas considerações de Abreu et al. (2019), traz que o *Trichoderma* tem a capacidade de aumentar o número de folhas das plantas, fato este observado na Tabela 8 deste trabalho.

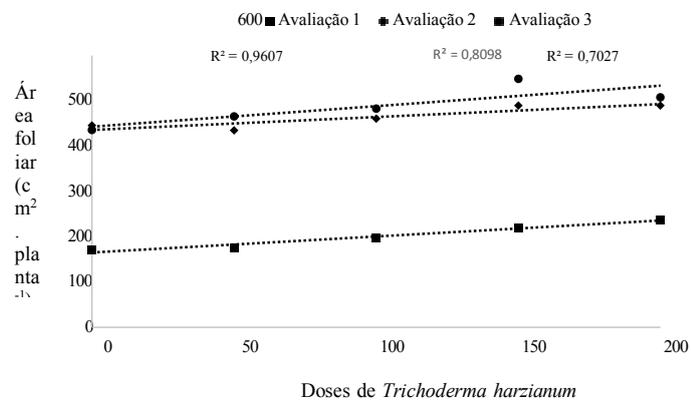
Figura 8 - Número de folhas por planta de *Sorghum bicolor* em função de diferentes doses de *Trichoderma harzianum*



Fonte: Autor (2023).

De acordo com a Figura 9, a maior área foliar foi à concentração de 150 ml alcançando uma área foliar de 549 cm², e a menor área foliar na concentração de 50 ml, que teve área foliar de 466 cm². No entanto a primeira e segunda avaliação a dosagem de 200 ml resultou em um maior área foliar chegando a 238 e 490 cm² respectivamente. Resultados encontrados por Becerra (2006) obtiveram maior área foliar, como também um maior desenvolvimento de raiz com a utilização de *Trichoderma harzianum*, na cultura do sorgo e milho. O trabalho de Chagas Junior et al. (2022), trás que o fungo *Trichoderma* tem a capacidade de promover o crescimento da parte aérea das plantas, por meio das diversas interações do fungo com a planta e a produção de auxinas ou análogos a auxinas e metabólitos como o 6PP, que favorecem o desenvolvimento da parte aérea da planta.

Figura 9 - Área foliar planta de *Sorghum bicolor* em função de diferentes doses de *Trichoderma harzianum*.



Doses de *Trichoderma harzianum*

Fonte: Autor (2023).

6 CONCLUSÃO

As doses de *Trichoderma Harzianum* de 150 ml e 200 ml por 5 litros foram as mais eficazes para aumentar a área foliar e o diâmetro do caule, respectivamente. Isso favorece uma maior área fotossintética e um fluxo de seiva mais robusto dentro da planta devido ao caule mais espesso. No entanto, não observamos diferenças significativas na taxa de emergência, já que esse processo está mais relacionado às características genéticas e às reservas de energia do que a fatores externos. Da mesma forma, não foi observada uma relevância notável na altura das plantas, uma vez que essa característica também é determinada principalmente por fatores genéticos.

REFERÊNCIAS

- ACOSTA, J. A. M. **Análise de Substâncias de *Trichoderma spp.* com atividade alelopática**. 68f. Dissertação (Mestrado em Agroquímica). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2014.
- ABREU, L. M.; PFENNING, L. H. O gênero *Trichoderma*. In: (Org). MEYER, M. C.; MAZARO, S. M.; SILVA, J. C. **Trichoderma: uso na agricultura**. Brasília: Embrapa, 2019. 163p.
- ANGELOTTI, F. **Mudanças climáticas e desertificação no Semi-Árido brasileiro**. Embrapa Semi-Árido; Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2009. p. 41-49.
- BRASIL (Decreto Nº 10.586 de 18 de Dezembro de 2020). **Manual de Análise Sanitária de Sementes / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Secretaria de Defesa Agropecuária - Brasília: Mapa/ACS, 2020. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/sementes-e-mudas/publicacoes-sementes-e-mudas/manual-de-analise-sanitaria-de-sementes>>. Acesso em: 21 ago. 2023.
- BECERRA, P. A. C. **Efeito da aplicação de *Trichoderma harzianum* na produtividade das culturas de milho e sorgo para silagem em Zamorano**. 30f. Monografia (Graduação Engenheira Agrônoma). Escola Agrícola Pan-americana. Zamorano, 2016.
- BETTIOL, W.; PINTO, Z. V.; SILVA, J. C.; FORNER, C.; FARIA, M. G.; PACIFICO, M. G.; COSTA, L. S. A. S. Produtos comerciais à base de *Trichoderma*. In: (Org). MEYER, M. C.; MAZARO, S. M.; SILVA, J. C. **Trichoderma: uso na agricultura**. Brasília: Embrapa, 2019. 45p.
- COELHO, A. M.; WAQUIL, J. M.; KARAM, D.; CASELA, C. R.; RIBAS, P. M. 2002. Seja o doutor do seu sorgo. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, n. 100, 24 p.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Portal de informações agropecuárias**. Produção agrícola: safras-estimativas-grãos. 2023. Disponível em: <<https://portaldeinformacoes.conab.gov.br/safra-estimativa-de-evolucao-graos.html>>. Acesso em: 21 ago. 2023.
- CRUZ, P. M. V. **Uso do *Trichoderma harzianum* como promotor de crescimento na cultura do milho (*Zea mays*) no Cariri Paraibano**. 38f. Monografia (Graduação em Engenharia de Biosistemas). Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido. Universidade Federal de Campina Grande. Sumé, 2023.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Milho e sorgo têm forte queda na produção regional**. 2021. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/4238-distrito-federal-milho-e-sorgo-tem-forte-queda-na-producao-regional>>. Acesso em: 21 ago. 2023.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Produção de grãos atinge recorde na safra 2021/22 e chega a 271,2 milhões de toneladas.** 2022. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/4744-producao-de-graos-atinge-recorde-na-safra-2021-22-e-chega-a-271-2-milhoes-de-toneladas>>. Acesso em: 21 ago. 2023.

CÉSAR MAGALHÃES, P.; SOUZA, T. C.; SOUZA, K. R. D. **Biologia e fisiologia do sorgo.** Brasília, DF: Embrapa, 2003. p. 81-114.

De Campos, A. G. (2017, June 20). Avaliação do estado nutricional, taxa fotossintética e produção de biomassa do sorgo sacarino submetido a combinações de doses de nitrogênio e potássio. Disponível em <https://doi.org/10.11606/d.64.2016.tde-31032016-101716>.

DINIZ, R. R. S.; ALENCAR, M. L. S.; MEDEIROS, S. A.; GUERRA, H. O. C.; SALES, J. C. R. Índice de anomalia de chuvas da Microrregião do Cariri Ocidental Paraibano. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 6, p. 2628-2640, 2020.

FRANCISCO, P. R. M.; SANTOS, D.; OLIVEIRA, F. P.; RIBEIRO, G. N.; SILVA, V. F.; SILVINO, G. S. Atualização do mapa de solos do Estado da Paraíba utilizando geotecnologias. **Revista Geama**, v. 9, n. 2, p. 20-28, 2023.

FAOSTAT (FAO Statistics Division). **Food and Agriculture Organization of the United Nations.** 2019. Disponível em: <<https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>>. Acesso em: 21 ago. 2023.

FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado.** Porto Alegre: Artmed, 2004. 323p.

GALBIERI, R.; BELOT, J. L. (Ed.). **Nematoides fitoparasitas do algodoeiro nos cerrados brasileiros: biologia e medidas de controle.** Cuiabá: IMAmt, 2016. p. 11-36.

GARCIA, R. G.; MENDES, A. A.; COSTA, C.; PAZ, I. C. L. A.; TAKAHASHI, S. E.; PELÍCIA, K. P.; KOMIYAMA, C. M.; QUINTEIRO, R. R. Desempenho e qualidade da carne de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de sorgo em substituição ao milho. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 57, n. 5, p. 634- 643, 2005.

KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. B.; DIAS, D. Deterioração e vigor da semente. **Revista Seeds News**, v. 25, n. 191, p. 1-19, 2022.

KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. B.; HENNING, A. A. **A alta qualidade da semente de soja: fator importante para a produção da cultura.** Londrina: Embrapa, 2018. p. 24.

Lima, L., Silva, J., & Ferreira, A. (2020). Aspectos comparativos entre milho (*Zea mays* L.) and sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench): differences and similarities *Revista de Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento*, 9(7), 12-23. Disponível em <<https://rsdjournal.org/index.php/rsd>>

Macedo, W. C., & Lima, E. (2024). Biologia do solo: introdução à vida no subsolo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 28(1), 1-10. Disponível em <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v28n1p1-10>.

MENEZES, C. B. **Melhoramento genético de sorgo**. Brasília, DF: Embrapa, 2021. p. 546.

MELO, I. S. Agentes microbianos de controle de fungos fitopatogênicos. In: MELO, I. S.; AZEVEDO, J. L. (Eds.). **Controle biológico**. Jaguariúna: Embrapa, 1998. p. 17-66.

MEYER, M. C.; MAZARO, S. M.; SILVA, J. C. (Eds.). **Trichoderma: uso na agricultura**. Brasília: Embrapa, 2019. 538 p.

MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento). **Instrução Normativa MAPA 45/2013 (D.O.U. 18/09/2013)**. Gabinete do Ministro: Instrução Normativa Nº 45, de 17 de Setembro de 2013. Disponível em: < https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/semences-e-mudas/publicacoes-semences-e-mudas/copy_of_INN45de17desetembrede2013.pdf>. Acesso em: 17/08/2023.

MONTE, E.; BETTIOL, W.; HERMOSA, R. Trichoderma e seus mecanismos de ação para o controle de doenças de plantas. In: (Org). MEYER, M. C.; MAZARO, S. M.; SILVA, J. C. **Trichoderma: uso na agricultura**. Brasília: Embrapa, 2019. 181p.

OLIVEIRA, A. F. M. SILVA, J. B. R.; SOBRINHO, J. E.; MEDEIROS, J. F.; NETO, J. F. Necessidades hídricas e desenvolvimento do sorgo nas condições do semiárido brasileiro. In: II INOVAGRI International Meeting, 1, 2014, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza, 2014.

PACHECO, M. J. B.; COSTA, H. M. S. **Biometria de Sorgo granífero (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) sob influência de crescimento e adubação**. 35f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal Rural da Amazônia. Belém, 2022.

PÁDUA, G. P. D.; ZITO, R. K.; ARANTES, N. E.; FRANÇA NETO, J. D. B. Influência do tamanho da semente na qualidade fisiológica e na produtividade da cultura da soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 3, p. 9-16, 2010.

PEREIRA FILHO, I. A.; RODRIGUES, J. A. S. **Sorgo: o produtor pergunta**. Brasília: Embrapa, 2015. 327p.

PINTO, N. F. J. A. **Qualidade Sanitária de Grãos de Sorgo**. Brasília: Embrapa, 2003. 65p.

PINTO, Z. V.; LUCON, C. M. M.; BETTIOL, W. Controle de qualidade de produtos biológicos à base de Trichoderma. **Trichoderma: Uso Na Agricultura**, v. 1, n. 1, p. 275- 295, 2019.

PERES, G. Q. D. **Mecanismos de biocontrole e promoção de crescimento de cepas de Trichoderma na cultura da soja**. 175f. Tese (Doutorado em Agronomia). Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Universidade Estadual Paulista. Ilha Solteira, 2023.

RIBAS, P. M. **Sorgo: introdução e importância**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 16 p.

RICHARDS, L. A. **Diagnostico y rehabilitación de suelos salinos y sodicos**. 5.ed. México: Limusa, 1954. 172p.

SANTOS, C. V.; RIBEIRO, P. D. O.; SILVA, K. J.; MENEZES, C. B. Tecnologia de produção de sementes de sorgo. In: (Org). MENEZES, C. B. **Melhoramento Genético de Sorgo**. Brasília: Embrapa, 2021. 495p.

Silva, V. de P. R., Silva, B. B. da, & Souza, J. L. (2024). Adaptabilidade do sorgo (*Sorghum bicolor*) a diferentes condições edafoclimáticas: uma revisão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 28(1), 1-10.

SILVA, G. F. **Adubação nitrogenada em sorgo biomassa antecedendo a soja em sistemas de manejo de longa duração**. 174f. Tese (Doutorado em Agronomia). Faculdade de Ciências Agrônomicas. Universidade Estadual Paulista. Botucatu, 2023.

SILVA, N. **Quantificação de amido e proteínas totais em grãos de sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench - Família: Poaceae] visando à alimentação humana**. 60f. Dissertação (Mestrado em Botânica). Instituto de Ciências Biológicas. Universidade de Brasília. Brasília, 2015.

SILVA, P. H. V. **Avaliação de *Trichoderma harzianum* e *Bacillus subtilis* em associação com pó de rocha no crescimento e desenvolvimento inicial de plantas de milho**. 69f. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agropecuária). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Universidade Estadual Paulista. Jaboticabal, 2023.

ZARONI, M. J.; ALMEIDA, E. P. C. **Vertissolos Háplicos** - Portal Embrapa. 2021.