

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

Bárbara Stevanato Rodrigues Tomaz Marangoni

**AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS AGRONÔMICOS DO
MILHO SEGUNDA SAFRA COM USO DE DOSES E
GRANULOMETRIAS DE POLÍMERO SUPERABSORVENTE**

Dracena

2024

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

Bárbara Stevanato Rodrigues Tomaz Marangoni

**AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS AGRONÔMICOS DO
MILHO SEGUNDA SAFRA COM USO DE DOSES E
GRANULOMETRIAS DE POLÍMERO SUPERABSORVENTE.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada à
Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas
– Unesp, Câmpus de Dracena como parte das
exigências para graduação em Engenharia
Agrônômica.

Orientador: Prof. Dr. Samuel Ferrari

Dracena

2024

Inserir nesta página a versão digitalizada do
certificado de aprovação.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Dracena



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

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: Avaliação dos parâmetros agronômicos do milho segunda safra com uso de doses e granulometrias de polímero superabsorvente.

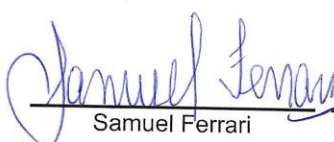
Modalidade: Trabalho de **atividades de pesquisa.**

Autor: Bárbara Stevanato Rodrigues Tomaz Marangoni

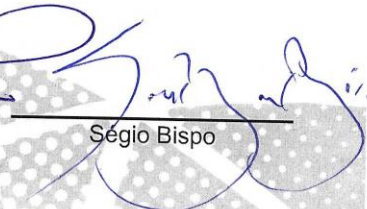
Orientador (a): Samuel Ferrari

Número de Créditos: 12

Data da aprovação e correção de acordo com as sugestões da Banca: 14/06/2024


Samuel Ferrari


Evandro Pereira Prado


Sérgio Bispo

DEDICATÓRIA

Ao meu avô Valdeci Marangoni (in memoriam),
que sempre me apoiou e nunca perdeu a fé nos
meus sonhos, me ensinou valores importantes
para toda a vida. Gratidão eterna.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, a Deus, que fez com que meus objetivos fossem alcançados, durante todos os meus anos de estudos.

Aos meus pais, Cristiano e Melissa, e irmão, Higor, que me incentivaram nos momentos difíceis, compreenderam a minha trajetória na universidade e respeitaram meus limites.

Aos meus avós, que me passaram todos os ensinamentos de vida, que foram indispensáveis para eu não desistir.

À Universidade, por ser o palco dos meus sonhos e transformou, não apenas em uma profissional qualificada, mas em uma pessoa melhor e mais completa.

Ao professor Dr. Samuel Ferrari, por ter sido meu orientador, por todos os conselhos, pela ajuda e pela paciência com a qual guiaram o meu aprendizado.

A todos do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica da Unesp, Bolsa PIBIC RT: processo 6678, no ano de 2022/2023, pelo fornecimento da bolsa de iniciação científica que foi fundamental para o desenvolvimento da pesquisa que possibilitou a realização deste trabalho.

A todos que participaram, direta ou indiretamente do desenvolvimento deste trabalho de pesquisa, meu muito obrigado.

“Só se vê bem com o coração. O essencial é invisível aos olhos.” (Saint-Exupéry).

RESUMO

O rendimento da cultura do milho pode ser afetado por danos ocasionados por diversos fatores, principalmente, pelo estresse hídrico nas fases críticas da cultura. O estudo tem por objetivo avaliar o desenvolvimento vegetativo e a produtividade do milho segunda safra, com a utilização da tecnologia dos polímeros superabsorventes (hidrogéis agrícolas). O experimento foi conduzido no ano de 2023, na área experimental da UNESP/FCAT – Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas – Dracena – SP. O delineamento experimental foi feito em blocos ao acaso, esquema fatorial 2x4, sendo 2 granulometrias de hidrogel: micro (0,8 - 2,0 mm) e média (2,0 - 4,0 mm) e 4 níveis: doses de 0, 10, 20 e 40 kg ha⁻¹, com 4 repetições. Foram avaliadas as seguintes características: no pleno florescimento do milho: Leitura SPAD de clorofila. Na maturidade dos grãos: altura da planta, inserção da espiga, diâmetro do caule, produção total de matéria fresca da parte aérea, produção total de matéria seca da parte aérea, índice de colheita. No momento da colheita foi determinado a produtividade de grãos e componentes da produção de grãos. Os dados foram submetidos à análise de variância e, posteriormente, à análise de regressão polinomial para o fator quantitativo e teste de Tukey para o fator qualitativo a 5% de probabilidade. Estatisticamente, houve maior diâmetro de colmo quando foi aplicado 24,5 kg ha⁻¹ de hidrogel, maior massa seca de 100 grãos quando foi aplicado 22,4 kg ha⁻¹ e para número de fileiras de grãos por espiga houve maior quantidade com o uso da granulometria média. A produtividade de grãos não foi alterada com o uso de granulometrias e doses do hidrogel.

Palavras-chave: Déficit hídrico, hidrogel agrícola, *Zea mays* e produtividade.

ABSTRACT

The yield of corn crops can be affected by damage caused by various factors, primarily water stress during critical stages of growth. The study aims to evaluate the vegetative development and productivity of second crop corn using superabsorbent polymers technology (agricultural hydrogels). The experiment was conducted in 2023 at the experimental area of UNESP/FCAT – Faculty of Agricultural and Technological Sciences – Dracena – SP. The experimental design was a randomized complete block design, factorial scheme, with 2 hydrogel granulometries: micro (0.8 - 2.0 mm) and medium (2.0 - 4.0 mm), and 4 doses (0, 10, 20, and 40 kg ha⁻¹), with 4 replications. The following characteristics were evaluated: at corn full flowering: SPAD chlorophyll reading. At grain maturity: plant height, ear insertion, stem diameter, total fresh matter production of the aerial part, total dry matter production of the aerial part, harvest index. At harvest time, grain yield and grain production components were determined. The data were subjected to analysis of variance and subsequently to polynomial regression analysis for the quantitative factor and Tukey's test for the qualitative factor at 5% probability. Statistically, there was a greater stem diameter when 24.5 kg ha⁻¹ of hydrogel was applied, greater 100 grain dry weight when 22.4 kg ha⁻¹ was applied, and for the number of grain rows per ear, there was a greater quantity with the use of medium granulometry. Grain yield was not altered with the use of granulometries and doses of hydrogel.

Keywords: Water deficit, agricultural hydrogel, *Zea mays* and yield.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Imagem do Google Earth com a indicação da área experimental.....	21
Figura 2 – Média da temperatura do ar e precipitação no ano de 2023 em Dracena – SP.....	22
Figura 3 - Semeadura do milho com carrinho de mão.....	23
Figura 4 - Fotos do polímero superabsorvente, na granulometria micro (a) e média (b).....	24
Figura 5 - Polímero superabsorvente depois de hidratado no solo.....	25
Figura 6 - Registro fotográfico das plantas de milho aos 60 DAS	26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tratamentos com as doses de hidrogel e granulometrias (micro e média) no desenvolvimento do milho segunda safra.....	22
Tabela 2 - Manejo fitossanitário na cultura do milho.....	25
Tabela 3 - Valores de $p > F$ e teste de comparação de médias para altura de plantas, diâmetro do colmo, altura de inserção da primeira espiga e leitura SPAD do milho em função de doses e granulometrias do hidrogel.....	28
Tabela 4 - Valores de $p > F$ e teste de comparação de médias para número de fileiras de grãos por espiga, número de grãos por fileira, a massa seca de cem grãos e o diâmetro médio de espigas do milho em função de doses e granulometrias do hidrogel	31
Tabela 5 - Valores de $p > F$ e teste de comparação de médias para produção total de matéria fresca da parte aérea, produção total de matéria seca da parte aérea, índice de colheita e produtividade dos grãos do milho em função de doses e granulometrias do hidrogel.....	33

LISTAS DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DAE Dias após emergência

DAS Dias após semeadura

PSA Polímero Superabsorvente

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS	16
2.1 Objetivo Geral	16
3 REVISÃO DE LITERATURA	17
3.1 Milho safrinha	17
3.1.1 Estresse hídrico	18
3.1.2 Polímero superabsorvente	19
4 MATERIAL E MÉTODOS	21
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
6 CONCLUSÃO	35
REFERÊNCIAS	36

1 INTRODUÇÃO

A produção total de milho está estimada em 110,96 milhões de toneladas para a safra 23/24 e, de acordo com o com o Progresso de Safra, publicado pela Conab, os trabalhos de colheita da primeira safra do cereal, quando é esperada uma produção de 23,36 milhões de toneladas, atingem 51% da área cultivada. A estimativa para a segunda safra de milho está em 85,62 milhões de toneladas (CONAB, 2024).

A “inversão” da produção do milho primeira safra em primavera-verão para o de segunda safra em verão-outono se estabeleceu de fato em 2011/12, quando a colheita da segunda safra quase dobrou em relação ao ano anterior e passou pela primeira vez a safra verão. Desde então a diferença só aumentou (CONTINI *et al.*, 2019).

Os efeitos causados pelo estresse hídrico ocasionam mudanças na anatomia, fisiologia e bioquímica das plantas, com grau e intensidade, dependendo do tipo de planta e do período de duração as quais foram submetidas ao estresse afetando assim, todos os seus estágios de desenvolvimento, partindo da germinação até a maturação fisiológica (CAMPOS *et al.*, 2021).

Para a grande maioria das culturas, os efeitos dos fatores abióticos são maiores na fase reprodutiva, mais especificamente no florescimento, além de serem fundamentais durante todo o crescimento da planta. A falta de água além de interferir diretamente no processo de geração de energia, causa a abscisão das flores, impede a antese, afeta a massa de grãos e, conseqüentemente, a produção (DA SILVA *et al.*, 2021). Neste contexto, a variabilidade da precipitação pluviométrica é um dos principais motivos para as variações nos rendimentos na agricultura.

Em anos com influência do fenômeno La Niña, existe irregularidades das chuvas, com atraso do início do período chuvoso e má regularidade temporal, propiciando a deficiência hídrica e conseqüentemente atrasando a semeadura em alguns dias, além de comprometer a produtividade no período de safra (soja) e segunda safra (milho), (SANTOS, 2022).

Um dos desafios da agricultura moderna é utilizar menos água no campo sem perder a produtividade, e para viabilizar o desenvolvimento de culturas sem a necessidade de irrigação, os polímeros superabsorventes (hidrogéis) são

promissores. Esses polímeros são condicionadores do solo que atuam na melhoria da retenção hídrica (CRISPIM, 2019).

A utilização de técnicas, visa a diminuição de custos e danos associados ao déficit hídrico no milho segunda safra na região central do Brasil, vem ganhando importância cada vez maior no cenário da produção atual, visto a irregularidade frequente de chuvas nesse período, assim como o valor agregado que o milho adquiriu (MARTINEZ-SANTOS, 2020).

Dentre as tecnologias utilizadas como opção para a utilização eficiente da água, os hidrogéis agrícolas, por proporcionarem benefícios às plantas pela sua peculiaridade de acúmulo de água, vem adquirindo expressivo espaço nos últimos 15 anos na agricultura brasileira (KLEIN & KLEIN, 2015).

De acordo com Saad *et al.* (2009), conforme citado por Monteiro *et al.* (2023b), os hidrogéis agrícolas atuam como fonte de liberação de água às plantas de forma gradativa, o que possibilita o menor número de irrigações.

Devido à grande importância da cultura do milho torna-se necessário desenvolvimentos de pesquisas para obter melhor produção em todos os ambientes de produção e que a falta de água não seja um fator para perda de produtividade.

Dessa forma, a hipótese deste projeto é de que o hidrogel agrícola libere água quando se faz necessário pela planta de milho, com a estratégia de melhorar o desenvolvimento e a produtividade de grãos, além de diminuir os efeitos causados pelo estresse hídrico.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho foi avaliar o desenvolvimento do milho segunda safra em função de diferentes granulometrias e doses do polímero superabsorvente (hidrogel).

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Milho safrinha

A produção brasileira de milho se caracteriza por ocorrer em duas safras, ou seja, em duas épocas distintas de semeadura. A primeira safra – também chamada de Safra de Verão – tem a semeadura iniciada entre setembro e outubro finalizando seu ciclo nos meses de janeiro e fevereiro. A segunda safra, chamada de Safrinha, é semeada nos meses de fevereiro e março. Dessa forma, possibilitando maior disponibilidade do grão no mercado durante todo o ano.

A cultura do milho (*Zea mays* L.) tem grande importância econômica no mercado pelo seu uso intenso, é uma importante espécie cultivada no Brasil, por deter alto teor nutritivo, pode ser destinada à fabricação de diversos produtos para alimentação humana, animal, bem como para a produção de biocombustíveis, além do país ser um dos grandes exportadores do cereal. Diante disso, essa cultura possui grande importância econômica para o país, sendo o terceiro maior produtor de milho em quantidade e em área plantada, ficando atrás apenas dos Estados Unidos e da China (USDA, 2021).

O milho é o cereal mais produzido no mundo. Por esse motivo, é de grande utilidade no mercado interno e externo. Espera-se para a Safra 2023/24 um decréscimo de 10,9% em relação à Safra 2022/23 tendo a produção com novo recorde, produção de grãos na safra 2022/23 chega a 322,8 milhões de toneladas, esse fato deve-se a redução da área plantada em virtude da condição climática (CONAB, 2024).

Na Safra 2021/22 houve recorde na exportação somando 47 milhões de toneladas e a expectativa é que a demanda externa continue aquecida pelo milho brasileiro na Safra 2022/23. A nova expectativa da exportação de milho para a Safra 2023/2024 é de um volume de 31 milhões de toneladas embarcadas, volume 43,3% inferior ao obtido no ciclo passado. O Brasil, possui condições edafoclimáticas que favorecem o cultivo, podendo haver até três safras no mesmo ano. Por isso, a produção no país tem aumentado significativamente, colocando o Brasil em terceiro lugar na produção mundial (CONAB, 2023).

Das quase 130 milhões de toneladas de grão de milho da safra de 22/23 estimadas pela Conab (2023), 100 milhões são das lavouras de segunda safra, na qual houve um incremento de 4,5% em área plantada (17,1 milhões de hectares) e 11,6% de produtividade (5,8 toneladas por hectare). Essa estimativa de 100 milhões de toneladas na segunda safra corresponde a um aumento de 16,6% em relação a safra 21/22, já as 130 milhões de toneladas estimadas da produção total reflete em aumento de aproximadamente 15% (CONAB, 2023).

3.1.1 Estresse hídrico

A cultura do milho apresenta alta demanda por água, necessitando de 250 a 500 mm de água por ciclo, apresenta sensibilidade ao estresse hídrico provocado pela baixa disponibilidade de água no solo, principalmente no período crítico, que inicia no florescimento e vai até o enchimento dos grãos (HERNÁNDEZ, 2015).

A falta de água é fator que pode levar a ocorrer redução na produtividade por alteração no metabolismo da planta. É necessário conhecer o comportamento de cada cultura em função das diferentes quantidades de água a elas fornecidas, as etapas de seu desenvolvimento de maior consumo de água e os períodos críticos, quando a falta ou excesso resultariam em quedas de produção (SILVA *et al.* 2007).

Os veranicos, conforme Soares e Nóbrega (2009, p. 264), “(...) podem ser definidos como a ocorrência de intervalos de cinco ou mais dias consecutivos sem chuva dentro de um período chuvoso de uma região”, sendo um fator limitante na produção agrícola, principalmente, se esses eventos ocorrem em períodos críticos da cultura, podendo diminuir expressivamente a produtividade.

Em condições de estresse hídrico os componentes fisiológicos apresentam as mesmas tendências em condições de irrigação plena, porém com redução expressiva dos índices (CARVALHO, 2022).

Silva *et al.* (2021), concluíram que quando o déficit de água ocorre a partir da fase de polinização, o milho produz espigas mal formadas e apresenta baixo rendimento, além de redução na área foliar e matéria seca e que a ocorrência de estresse hídrico a partir da fase de pendramento do milho provoca a não formação de espiga pela planta, portanto, prejudicando o desenvolvimento do milho em diferentes fases fenológicas.

Para Bergamaschi *et al.* (2004), os componentes de produção mais afetados pelo déficit hídrico são o número de grãos por espiga e o número de espigas por planta, tendo em vista que esses são definidos no período crítico da cultura e,

portanto, sofrem efeitos mais intensos nesse momento, que também foi visto por Silva de Souza *et al.* (2015) que o déficit hídrico reduz o número de grãos por m^{-2} , o número de espigas por m^{-2} e o rendimento de grãos.

A ocorrência de eventos climáticos extremos, seja por precipitação intensa ou escassez prolongada de chuvas, faz parte do controle natural de alguns ecossistemas. Sua análise e interpretação podem ser consideradas como procedimentos essenciais para aplicação de medidas de planejamento territorial e, principalmente, para a gestão de recursos hídricos, a fim de que se possa lidar de forma estratégica com os episódios adversos.

3.1.2 Polímero superabsorvente

O uso de polímero superabsorvente na agricultura tornou-se uma alternativa atraente para contornar os problemas ocasionados pelo déficit hídrico e pelos altos custos de irrigação porque estes fornecem necessária redução de custos e irrigação contínua.

Na presença de água, estes são capazes de inchar e reter soluções aquosas, mantendo a umidade do solo por períodos mais longos. Surpreendentemente, a utilização destes hidrogéis superabsorventes em processos agrícolas foi discutida na Academia a partir dos anos 60 (MACEDO, 2022).

Dentre o grande número de polímeros de origem natural ou sintética, destacam-se as macromoléculas hidrofílicas que possuem a propriedade de absorver grande quantidade de água e fluidos biológicos, e, por consequência, potencial para a formação de hidrogéis, as quais são constituídas de estruturas poliméricas reticuladas podendo absorver grandes quantidades não só de água, mas de fluidos biológicos, conservando o volume líquido em sua estrutura tridimensional, sem se dissolver (MACEDO, 2022).

O Brasil, de acordo com Moraes (apud SABADINI, 2016), é o segundo maior consumidor de hidrogéis para agricultura do mundo, atrás apenas dos Estados Unidos, onde o produto é usado também em jardins. No Brasil, a principal aplicação dos géis superabsorventes é em plantio de eucalipto. Porém pode ser utilizado em viveiros ou em locais onde a produção agrícola é realizada como em solo do tipo arenoso.

O hidrogel armazena cerca de 103 ml de água para cada grama. O tempo necessário para este armazenar a água é de pelo menos uma hora. Além disso, existe uma relação direta entre o tipo de solo, principalmente devido à sua textura, e a facilidade com que o hidrogel hidratado cede água ao solo (NEVES *et al*, 2021).

Agnieszka (apud SABADINI, 2016) afirma que não existe limitação para a aplicação do produto, já que o objetivo é prolongar a presença de água no solo ou promover sua fertilização. Mas eles seriam mais bem aproveitados em terrenos áridos e arenosos, que não têm a capacidade de reter a água.

Segundo a Nutrition & Care (2021), este Polímero Superabsorvente (PSA) é capaz de absorver e disponibilizar às plantas um grande volume de água de até 300 vezes o seu próprio peso. Em contato com a água, os cristais sintéticos (grânulos) “incham” rapidamente, formando o hidrogel através da absorção e retenção de água, nutrientes e ativos, que são liberados para a planta de forma gradual e eficiente durante o processo de secagem do solo.

Os benefícios para o solo, além de melhorar a capacidade de retenção de água, atua na melhora das características físicas, promove a descompactação; reduz a taxa de erosão e a perda de nutrientes por lixiviação; aumenta a capacidade de troca catiônica (CTC); e é fonte de K_2O (NUTRITION & CARE, 2021).

A empresa assegura que o polímero superabsorvente não é tóxico e é ambientalmente seguro: degradável, não contamina plantas, solo ou lençóis freáticos. Possui degradação abiótica (ex.: Hidrólise). O produto será totalmente solubilizado e mineralizado, após um período de 6 a 8 anos, garante a fabricante alemã (NUTRITION & CARE, 2021).

A adição de hidrogel ao solo em laranjeiras do tipo Valência aumentou a produtividade e os componentes da produção das frutas. Também em milho, a mistura de solo, hidrogel e fertilizantes promoveu maior crescimento das plantas (ELBARBARY E GHOBASHY, 2017). Além disso, o uso de hidrogel aumentou o número de flores e proporcionou maior relação parte aérea/raiz em crisântemo sob estresse hídrico (GHASEMI E KHUSHKHUI, 2008).

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Oeste Paulista, no município de Dracena, com baixa altitude, nas áreas experimentais do Campus da UNESP (Figura1), na segunda safra de 2023, com temperatura média anual de 23,0°C, precipitação média de 1.161 mm ao ano e com chuvas escassas durante a segunda safra (Figura 2). O clima é classificado predominantemente do tipo Aw de acordo com a classificação Koppen, o solo é classificado como Argissolo Vermelho Amarelo distrófico, de textura arenosa (SANTOS *et al.*, 2013). A textura do solo, determinada pelo método da pipeta, no laboratório de solos foi: 86,6 g kg⁻¹ de argila, 836,5g kg⁻¹ de areia e 76,9 g kg⁻¹ de silte.

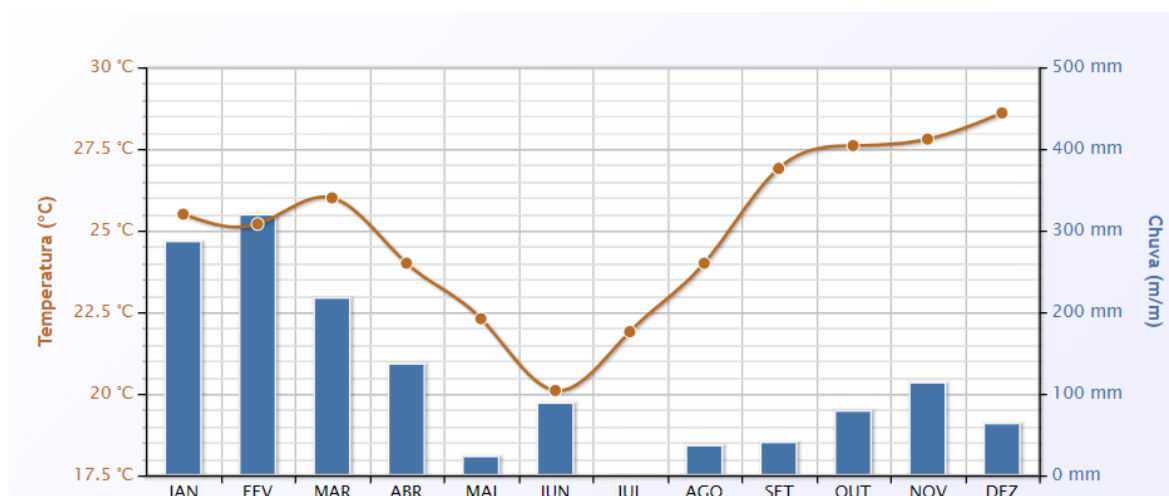
O delineamento experimental foi feito em blocos ao acaso, esquema fatorial, 2x4, sendo 2 granulometrias de hidrogel (micro e média) e 4 doses (0,10, 20 e 40 kg ha⁻¹) e 4 repetições (Tabela 1).

Figura 1. Imagem do Google Earth com a indicação da área experimental.



Fonte: Google Earth

Figura 2. Média da temperatura do ar e precipitação no ano de 2023 em Dracena - SP.



Fonte: Sistema de monitoramento climático – UNESP Ilha Solteira

Tabela 1. Tratamentos com as doses de hidrogel e granulometrias (micro e média) no desenvolvimento do milho segunda safra.

Tratamento	Granulometria	Dose (kg ha ⁻¹)
Controle	Sem aplicação	0
Controle	Sem aplicação	0
1	Micro	10
2	Micro	20
3	Micro	40
4	Média	10
5	Média	20
6	Média	40

Fonte: Elaborado pelo próprio autor

Cada unidade experimental foi feita com dimensão de 5 m de comprimento x 2,25 m de largura (5 linhas de semeadura do milho com espaçamento entre linhas de 0,45 m). A área útil de cada parcela foi constituída pelas 2 linhas centrais, desprezando 0,50 m em ambas das extremidades de cada linha.

Antes da instalação do experimento, em junho de 2022 foi coletada amostra de solo composta, para determinação dos nutrientes e fertilidade do solo.

A análise de solo da área, coletado na camada de 0-0,2 m de profundidade e a caracterização química e granulométrica, apresentando as seguintes características: pH (CaCl₂) = 4.5; MO = 12 g dm⁻³; P = 14 mg dm⁻³ (resina); K = 2 mmol_c dm⁻³; Ca = 27 mmol_c dm⁻³; Mg = 11 mmol_c dm⁻³; Al = 0 mmol_c dm⁻³; H + Al = 19 mmol_c dm⁻³; V(%) 67,8.

A área onde foi instalado o ensaio, é uma área de abertura de pastagem. O preparo do solo foi realizado de forma convencional no dia 18/01/2023, com uma aração e duas gradagens.

Foi feita a medição da área e abriu-se o sulco de semeadura com a semeadora. Nesse momento, também foi depositado o adubo no sulco de semeadura, na profundidade de 7 cm. Cada parcela experimental com 5 linhas, 5 metros de comprimento e espaçamento de 0,45 m.

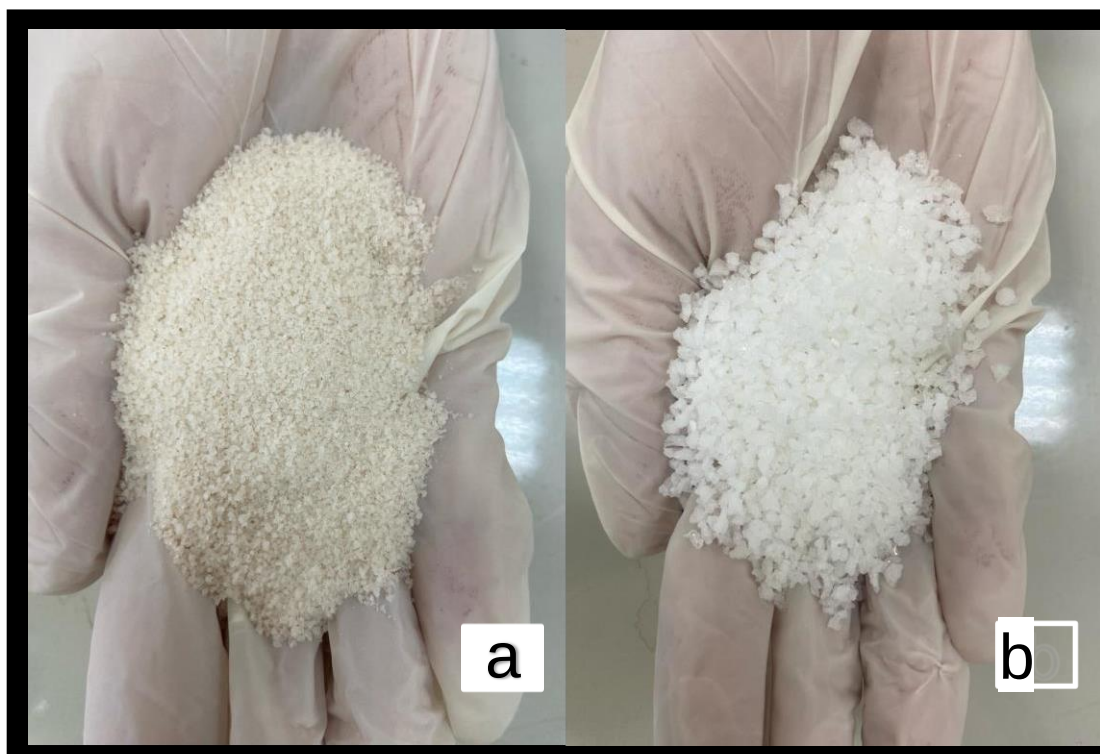
Foi utilizado o híbrido de milho simples transgênico B2782, de ciclo precoce, recomendado para safra e safrinha, ampla adaptação regional, possui alto teto produtivo e tecnologia PWU. A semeadura foi realizada no dia 18/01/2023, com carrinho de mão (Figura 3), semeando quatro sementes por metro na profundidade de 3 cm.

Figura 3. Semeadura do milho com carrinho de mão. 18/01/2023. Dracena – SP.



O produto hidrogel foi aplicado nos sulcos de semeadura, depois de coberto o adubo, de forma manual e distribuído uniformemente.

Figura 4. Fotos do polímero superabsorvente, na granulometria micro (a) e média (b).



Fonte: Elaborado pelo próprio autor

Para a adubação de semeadura foi utilizado 750 kg ha^{-1} de 04-14-08, calculada com base nas características químicas do solo através do resultado da análise química e levando em consideração as recomendações Raij (1996), assim como a adubação nitrogenada e potássica de cobertura, dividida em duas aplicações, aos 21 e 45 DAE.

No mesmo dia, 18/01/2023, foi montada a irrigação por aspersão na área do experimento, apenas para estabelecimento inicial da cultura.

O milho foi cultivado em sistema de sequeiro, sem irrigação. Apesar da área dispor de irrigação por aspersão, optamos por não aplicar a irrigação, com objetivo observar o efeito do produto nas condições naturais da região.

Figura 5. Polímero superabsorvente depois de hidratado no solo.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

No dia 07/02/2023 foi realizado o desbaste, deixando 2,5 plantas por metro linear, totalizando em uma população de 55.000 plantas por hectare.

A primeira adubação de cobertura foi realizada no dia 09/02/2023, notado a necessidade de adubação, utilizando 30 kg ha⁻¹ de N e 30 kg ha⁻¹ de K. Na segunda adubação de cobertura, foi utilizado 40 kg ha⁻¹ de N e 40 kg ha⁻¹ de K.

O controle de pragas, doenças e plantas daninhas na área das parcelas experimentais foram realizados com aplicação de produtos químicos recomendados para a cultura do milho, respeitando-se as doses e períodos de carência de cada produto (Tabela 2).

Tabela 2. Manejo fitossanitário na cultura do milho. Dracena – SP.

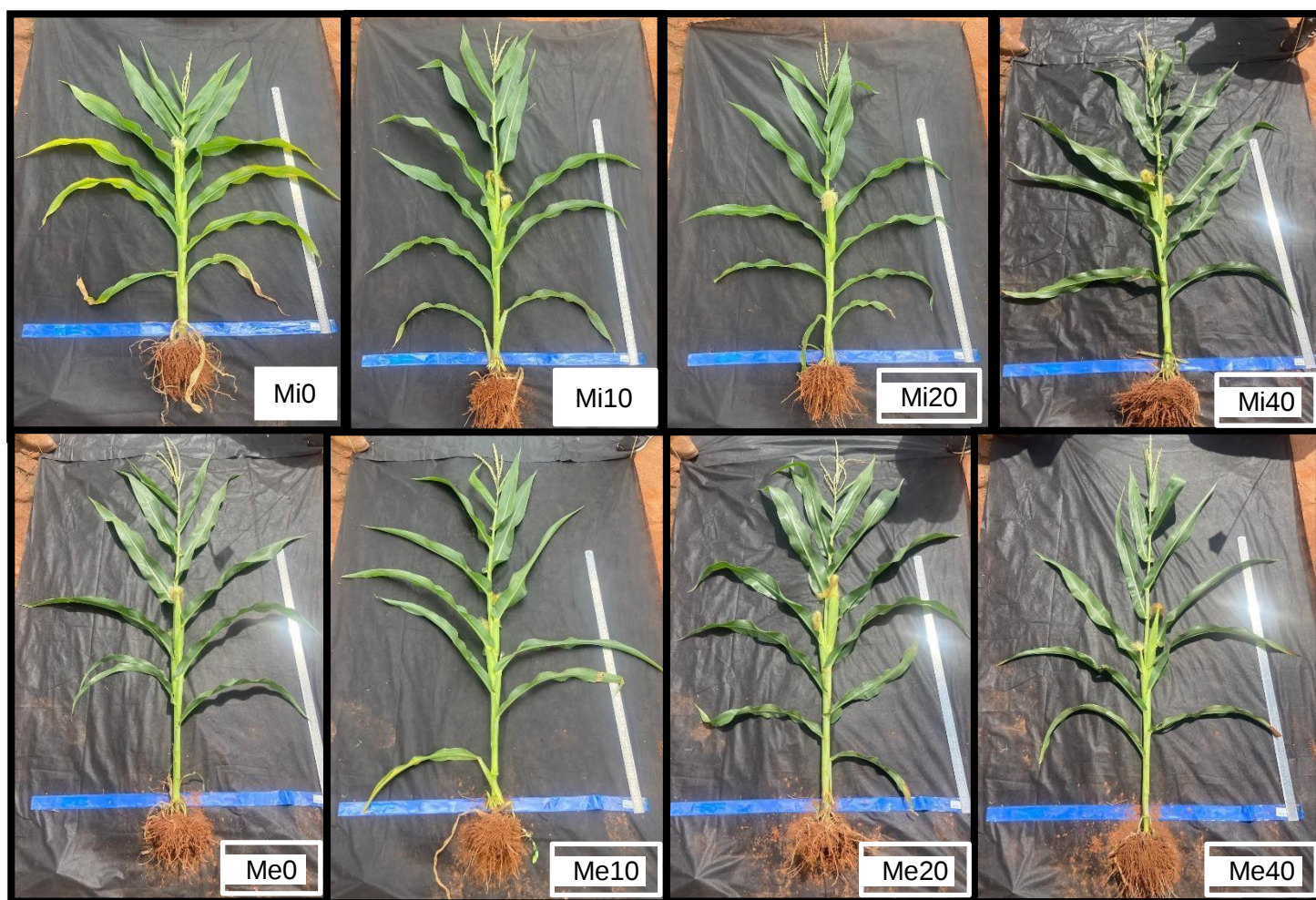
Produto comercial	Ingrediente ativo	Dose	Data de aplicação
Sperto	Acetameprido+bifentrina	200 g p.c./ha	01/02/2023
Lannate	Metomil	0,4 L p.c./ha	01/02/2023
Polytrin	Cipermetrina+Profenofós	0,3 L p.c./ha	06/02/23-16/02/2023
Actara 250 WG	Tiametoxam	100g/ha	06/02/23-16/02/2023
Pirate	Clorfenapir	0,5 L p.c./ha	08/03/2023
Decis	Deltametrina	200mL p.c./ha	07/03/2023
Opera	Piraclostrobina+Epoxiconazol	0,75 L p.c./ha	17/03/2023
Beauveria Oligos WP	<i>Beauveria bassiana</i> isolado IBCB 66	8 Kg/ha	09/02/2023
Certero	Triflumurom	150 mL/ha	27/02/2023

Fonte: Do próprio autor

No pleno florescimento foi realizada a leitura SPAD: através da utilização de um clorofilômetro (Falker CFL 1030) e na maturidade do milho foram realizadas avaliações em plantas previamente marcadas de altura de plantas: realizada com a utilização de trena, medindo a partir do nível do solo à inserção da última folha; inserção da espiga, considerada como a distância do nível do solo ao ponto de inserção da primeira espiga; diâmetro do caule: obtido no primeiro internódia base para o ápice da planta, utilizando um paquímetro.

Aos 60 DAS, foi realizado um registro fotográfico do desenvolvimento do milho, já em fase reprodutiva, para comparativo visual dos tratamentos (Figura 6).

Figura 6. Registro fotográfico das plantas de milho aos 60 DAS. Dracena – SP.



Mi: granulometria micro; Me: granulometria média; Os números representam as doses aplicadas em kg ha^{-1} .

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Ainda na maturidade foram avaliadas a produção total de matéria fresca da parte aérea realizando coleta da parte aérea de três plantas em sequência na linha de

semeadura, seguido de pesagem com uso de balança; produção total de matéria seca da parte aérea que foi realizada após a obtenção da matéria fresca, em que as amostras obtidas foram submetidas à secagem em estufa com circulação forçada de ar, a 65°C, até atingir massa em equilíbrio e posterior pesagem;

No momento da colheita, 12/05/2023, foi determinado a produtividade de grãos, em duas linhas centrais de quatro metros, excluindo 0,5 metros de cada extremidade, corrigindo-se o teor de umidade para 13%; os componentes da produção de grãos: número de fileiras de grãos por espiga, de grãos por fileira, a massa seca de cem grãos e o diâmetro médio das espigas, com o auxílio de um paquímetro, em dez espigas por parcela, todos contados individualmente e com a utilização de balança de precisão.

Após realizadas todas as avaliações dos componentes da produção de grãos, foram trilhadas as espigas de milho, para concluir as demais avaliações.

Os dados foram submetidos à análise de variância e posteriormente à análise de regressão polinomial para o fator quantitativo e teste de Tukey para o fator qualitativo, utilizando-se o programa estatístico SISVAR versão 5.3, a 5% de probabilidade.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com os resultados da análise de variância expressos na Tabela 3, observa-se que a variável diâmetro de colmo (DC) foi influenciada pelo tratamento a 5% de probabilidade. Por outro lado, a altura de plantas (AP), altura de inserção da primeira espiga (IE) e leitura SPAD (SPAD), não sofreram influência significativa dos tratamentos testados.

Para a avaliação de altura não houve diferença significativa entre os resultados, mas a altura média observada com os tratamentos foi de 1,68 metros, já para o controle a altura média foi de 1,72 metros.

Também foi observado por Schneider (2024) que a altura de plantas de milho não diferiu estatisticamente entre os tratamentos avaliados, sobre o crescimento de colmo das plantas até a fase de florescimento.

Segundo Marques e Bastos (apud Fernandes, 2015) trabalhando com diferentes doses de hidrogel no desenvolvimento de mudas de pimentão verificaram que o polímero não promoveu diferenças no sistema radicular e nem no comprimento da parte aérea. Os autores ressaltaram ainda que, com o incremento na dose do condicionador, a parte aérea responde com desenvolvimento de folhas e não no crescimento em altura.

Para a avaliação de diâmetro de colmo, houve diferença significativa, em função das doses e por meio da equação estatística, foi possível notar um efeito positivo até a dose de 24,5 kg ha⁻¹. Este valor refere-se a maior dose utilizada para efeitos positivos do polímero superabsorvente.

Já na variável altura de inserção da primeira espiga, a altura média foi de 0,65 metros. Para a leitura SPAD, também não houve significância a 5% de probabilidade.

Tabela 3. Valores de p>F e teste de comparação de médias para altura de plantas (AP), diâmetro do colmo (DC), altura de inserção da primeira espiga (IE) e leitura SPAD (SPAD) das plantas de milho em função de doses e granulometrias do hidrogel. Dracena -SP, 2023.

Teste F	AP	DC	IE	SPAD
p>F				
Granulometrias (g)	0,4393	0,5421	0,8561	0,2246
Doses (d)	0,7713	0,1560	0,5939	0,4617
g*d	0,5094	0,4279	0,8953	0,1674
	m	cm	m	SPAD
Micro	1,67a	19,73a	0,67a	7,19a
Médio	1,71a	19,43a	0,66a	7,12a
C.V. %	8,36	7,02	14,51	2,18
D.M.S.	0,10	1,01	0,07	0,11
Regressão Polinomial				
0	1,72	18,71	0,70	7,10
10	1,70	19,66	0,67	7,22
20	1,68	20,35	0,65	7,13
40	1,65	19,59	0,63	7,18
p>F (linear)	0,3032	0,2552	0,1943	0,6434
p>F (quadrática)	0,9080	0,0460 ⁽¹⁾	0,7635	0,7034
r² (linear %)	98,77	23,66	92,70	8,25
r² (quadrática %)	99,98	98,76	97,49	13
Equação: $y^{(1)} = 18,6715 + 0,1375x - 0,0028x^2$				

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Levando em consideração a altura de plantas, este componente está diretamente relacionado com o rendimento de grãos. O uso do polímero com diferentes doses, houve diferença significativa (Tabela 4), verificado na massa seca de cem grãos, que na dose de 20 kg ha⁻¹ apresentou dados 31.2662, seguido das doses de 10 kg ha⁻¹ (30.1700) e 40 kg ha⁻¹ (29.1787). Scremin (2017), identificou que ao utilizar o polímero, verificou aumentou na eficiência do aproveitamento de nitrogênio na produtividade da aveia, principalmente, nas condições de 30 e 60 kg ha⁻¹ do biopolímero, porém, este efeito é dependente do sistema de sucessão e condições meteorológicas. Ou seja, o hidrogel demonstrou eficiência em gramínea de interesse econômico e, provavelmente, este mesmo efeito pode ser observado no

milho, e devido as condições meteorológicas serem boas, não foi possível ver o efeito em outras variáveis de produção.

Houve diferença significativa para número de grãos por fileira na espiga (Tabela 4), em função das diferentes granulometrias (micro e média), sendo que a granulometria média proporcionou maior quantidade de grãos por fileira.

Na variável da massa seca de 100 grãos em função das diferentes doses, através da equação da análise de regressão, houve efeito positivo na massa seca de 100 grãos, devido ao aumento das doses de hidrogel, encontrando, assim, um ponto de efeito máximo até a dose de 22,4 kg ha⁻¹.

Esse efeito positivo também foi encontrado por Abraão (2024) no cultivo de soja trabalhando com diferentes doses de PSA que as doses aumentaram o número de grãos por vagem e a massa de mil grãos e, conseqüentemente, contribuiu para o aumento de produtividade, mas somente até a dose de 20 kg ha⁻¹ de hidrogel.

Nas avaliações de número de grãos por fileira e diâmetro médio de espigas não obteve resultado favorável, mas foi visualizado o diâmetro médio de espigas de 45,78 mm e números de grãos por fileira médio de 15,34.

De acordo com os resultados de Kraisig (2018) a utilização de polímeros tem favorecido o cultivos de diferentes espécies pelo armazenamento de água do solo, sendo satisfatórios os resultados obtidos com centeio em que o polímero aumentou significativamente a produção de matérias verde, quando submetida a diferentes níveis de fertilização, mesmo sob baixo abastecimento hídrico, sendo que as doses ajustadas de hidrogel para uma máxima produtividade de grãos é ao redor de 65 kg ha⁻¹, sendo este valor 62,5% maior que a dose de 40 kg ha⁻¹, presente nos tratamentos desse projeto. O mesmo não é visualizado por De Pelegrin *et al.* (2018), na qual a maior eficiência técnica seria alcançada com o uso de 15 kg ha⁻¹ de PSA na cultura da soja. O que é explicado por Narjary *et al.* (2012), que avaliando em laboratório a aplicação de hidrogel em diferentes tipos de solo, verificaram que a aplicação em solos argilosos, reduziu para 10% a porosidade total do solo, ficando próximo a níveis críticos, entretanto, em solos arenosos, aumentou em até 4 vezes a retenção de água. O solo da área de estudo, foi classificado como Argissolo Vermelho Amarelo distrófico, que tem características mais próximas do estudo de Kraisig.

Por outro lado, Matos Filho *et al.* (2017), não encontrou aumento significativo dos parâmetros vegetativos, produtivos e de qualidade de frutos de pimentão com a utilização de higrigel, Silva *et al.* (2019), também não encontraram interação

significativa entre níveis de irrigação e doses de hidrogel em indicadores produtivos da alface. Porém, Marques e Bastos (2010), encontraram efeito significativo das doses de hidrogel no número de folhas, massa seca da parte aérea e massa da raiz de 84 mudas de pimentão, e não significativo no comprimento da parte aérea e comprimento da raiz. Diante desse cenário, é imprescindível outros estudos para a recomendação do uso desse produto na agricultura, concluído também por De Mamann (2017) que uso do hidrogel não altera de forma expressiva os indicadores de produtividade e qualidade de grãos analisados. Assim, considerando seu alto custo, não é viável sua recomendação.

Sugere-se novos estudos com doses maiores, visto que, se o polímero superabsorvente é capaz de reter cerca de 103 ml de água (NEVES *et al*, 2021), sendo assim 1 g de produto corresponde a 0,103 L, e a maior dose utilizada nesse ensaio de 40 kg, totalizando uma retenção de até 4.000 L e sabe-se que 1 mm corresponde a 10.000 L, a quantidade de água retida pelo produto é pouco expressiva.

Tabela 4. Valores de $p>F$ e teste de comparação de médias para número de fileiras de grãos por espiga (NF), número de grãos por fileira (NG), a massa seca de cem grãos (MG) e o diâmetro médio de espigas (DE) em função de doses e granulometrias do hidrogel. Dracena-SP, 2023.

Teste F	NF	NG	DE	MG
	$p>F$			
Granulometrias (g)	0,0262*	0,9517	0,3805	0,1505
Doses (d)	0,8430	0,7257	0,8188	0,0011*
g*d	0,8501	0,6902	0,8447	0,1646
Micro	15,49a	36,32a	47,16a	30,02a
Médio	16,00b	36,37a	47,92a	29,28a
C.V. %	3,66	5,80	5,03	4,79
D.M.S.	0,42	1,55	1,75	1,04
Regressão Polinomial				
0	15,80	36,19	47,98	27,97
10	15,57	36,10	47,19	30,17
20	15,80	36,00	47,07	31,27
40	15,75	37,07	47,88	29,18
$p>F$ (linear)	0,9265	0,3713	0,9536	0,2159
$p>F$ (quadrática)	0,7997	0,5048	0,3507	0,0001 ⁽¹⁾

r² (linear %)	1,06	63,01	0,37	6,92
r² (quadrática %)	9,07	97,77	98,74	99,86

$$\text{Equação: } ^{(1)}y = 27,9435 + 0,2958 x - 0,0066 x^2$$

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Em virtude dos fatos mencionados por Barros (2016), quando testado o produto no sulco de plantio em condições de campo, observou-se que não houve diferença significativa entre as doses de polímero superabsorvente (PSA) aplicadas no sulco de plantio de acordo com a análise de regressão para as variáveis analisadas, supondo que, provavelmente, os altos índices pluviométricos verificados nas primeiras semanas após a semeadura (Figura 2) tenham influenciado nos resultados e por isso, não tenha sido possível verificar o efeito do PSA, o que também foi verificado no ensaio deste projeto.

A distribuição de chuvas ao longo do período do experimento foi favorável ao desenvolvimento da cultura do milho, que apesar de ter sido cultivado na segunda safra (outono/inverno), apresentou produtividade alta, para a região do Oeste Paulista, similar àquelas obtidas em cultivos de primeira safra (primavera/verão). Esta produtividade, provavelmente foi influenciada pela alta precipitação no estágio de desenvolvimento inicial da cultura, atípica para esta época do ano na região, o que beneficiou o crescimento e o desenvolvimento das plantas e dificultou captar um provável efeito benéfico do PSA em condições de campo. As condições climáticas podem ter influenciado negativamente na eficiência do produto, não conseguindo expressar suas funções e obter resultados positivos. O mesmo foi concluído por Schneider (2024) que considerando as condições ambientais (bom regime hídrico na safra 2022/23), não houve resposta da cultura do milho em função da adição de hidrogel.

Na tabela 5, para produção total de matéria fresca da parte aérea, produção total de massa seca da parte aérea, índice de colheita e produtividade, não difere entre si estatisticamente.

Uma vez que existe uma diversidade de aplicações dos hidrogéis há a necessidade da adequação das suas propriedades físicas visando à viabilização de suas aplicações, as quais são fortemente dependentes da flexibilidade do material hidratado e de outras propriedades mecânicas a ela associadas, como a resistência à compressão (DOMICIANO, 2010).

Em contrapartida, no estudo feito por Monteiro (2023b), foi identificado que o uso de hidrogel em diferentes quantidades e métodos de aplicação não favoreceu o desenvolvimento satisfatório de plantas de alface, como identificado nas plantas que receberam irrigação convencional. O mesmo foi visto por Monteiro (2023a) que no ensaio com mudas de pimentão o uso de hidrogel quando não associado a irrigação regular não favoreceu a produção de mudas.

Vale ressaltar que a forma de aplicação e a dose recomendada pelo fabricante, também possui efeitos diretos com a eficácia do produto, exigindo assim, maiores estudos com o produto para obter resultados positivos.

Tabela 05. Valores de $p > F$ e teste de comparação de médias para produção total de matéria fresca da parte aérea (MF), produção total de matéria seca da parte aérea (MS), índice de colheita (IC) e produtividade dos grãos (PG) em função de doses e granulometrias do hidrogel. Dracena - SP, 2023.

Teste F	MF	MS	IC	PG
	$p > F$			
Granulometrias (g)	0,9210	0,9429	0,3867	0,2817
Doses (d)	0,1631	0,3874	0,8575	0,9102
g*d	0,8789	0,9305	0,7173	0,9142
	m			
Micro	33333,58a	18546,61a	0,35a	6075,04a
Médio	33523,28a	18443,57a	0,31a	5565,43a
C.V. %	15,99	21,72	30,93	22,42
D.M.S.	3929,52	2953,73	0,07	959,24
Regressão Polinomial				
0	36527,38	20486,88	0,32	6050,36
10	34396,45	18522,39	0,32	5748,08
20	32223,93	17935,42	0,33	5594,63
40	30565,96	17035,66	0,36	5887,88
p>F (linear)	0,0314	0,1139	0,4294	0,8548
p>F (quadrática)	0,5810	0,5388	0,7470	0,4878
r² (linear %)	94,09	85,60	85,10	6,43

r² (quadrática %)	99,64	97,89	99,10	99,81
-------------------------------------	-------	-------	-------	-------

Equação: $y =$

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

6 CONCLUSÃO

1. Para este ensaio, a utilização do hidrogel, aplicado nos sulcos de semeadura junto com fertilizantes não proporciona diferença estatística na produtividade de grãos de milho.
2. Houve maior diâmetro de colmo quando foi aplicado 24,5 kg ha⁻¹ de hidrogel e maior massa seca de 100 grãos quando foi aplicado 22,4 kg ha⁻¹ de hidrogel na semeadura do milho.
3. Para número de fileiras de grãos por espiga houve maior quantidade com a utilização da granulometria média.
4. Para todas as outras variáveis analisadas, não houve diferença significativa.

REFERÊNCIAS

- ABRAÃO, P. C.; JÚNIOR, J. B. D.; GUIMARÃES, V. F.; JÚNIOR, A. C. G.; COSTA, A. C. T. da; TSUTSUMI, C. Y.; ROSA, W. B.; QUEIROZ, S. B. Influência de Hidrogel em Caracteres Fitotécnicos da Soja / Influence of Hydrogel on Phytotechnical Characters of Soybean. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 6, n. 8, p. 54287–54303, 2020. DOI: 10.34117/bjdv6n8-007. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/14342>. Acesso em: 10 may. 2024.
- BARROS, Angélica Fátima de. Avaliação da aplicação de polímero superabsorvente em sementes e no sulco de plantio na cultura do sorgo. 2016. 44 f. **Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa**, Viçosa. 2016.
- BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; BERGONCI, J. I.; BIANCHI, C. A. M.; MÜLLER, A. G.; COMIRAN, F.; HECKLER, B. M. M. Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 9, p. 831-839, 2004.
- CAMPOS, A. J. de M.; SANTOS, S. M.; NACARATH, I. R. F. F.. Water stress in plants: a review. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 15, p. e311101523155, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i15.23155. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/23155>. Acesso em: 15 may. 2024.
- CARVALHO, M. W. L.; BASTOS, E. A.; CARDOSO, M. J., DE ANDRADE JUNIOR, A. S., DE SOUZA, C. A. F. Morfofisiologia do milho irrigado com e sem déficit hídrico sob diferentes arranjos de plantas na região Meio-Norte do Piauí. **Agronomic Crop Journal**, v.31, n.1, p.41-54, 2022. DOI:10.32929/2446-8355.2022v31n1p41-54. Disponível em: <https://ojs.unesp.br/index.php/rculturaagronomica/article/view/2446-8355.2022v31n1p41-54>. Acesso em: 20 may. 2024.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos: janeiro 2024. Brasília – DF, Safra 2023/24, v.11, n.4, p.1-110, 2024. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/infoagro/safras/gaos>. Acesso em 2 de fevereiro de 2024.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Histórico mensal AGROCONAB: fevereiro 2023. Brasília – DF. 1-42 p.,2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuário-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-de-agroconab>. Acesso em 15 de março de 2023.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Últimas notícias (2024). Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/5478-safra-de-graos-2023-2024-esta-estimada-em-294-1-milhoes-de-toneladas>. Acesso em: 15 de maio de 2024.
- CONTINI, E; MOTA, M. M.; MARRA, R.; BORGUI, E.; MIRANDA, R. A; SILVA, A. F.; SILVA, D. D.; MACHADO, J.R.A.; COTA, L. V.; COSTA, R. V.; MENDES, S. M. Milho

- Caracterização e Desafios Tecnológicos. **Série desafios do agronegócio brasileiro** (NT2), 2019. p. 1 - 8.

CRISPIM, Weverton de Araujo. Hidrogel como alternativa para o desenvolvimento de leguminosas no semiárido. 2019. 39 f. **Monografia (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal do Ceará**, Fortaleza, 2019.

DA SILVA, A. A.; PRATI JUNIOR, D.; DE SOUSA, B. A. M. Substratos e hidrogel agrícola na produção de mudas de pimentão nas condições de Savana de Roraima. **Contribuciones a las ciencias sociales**, [S. l.], v. 16, n. 8, p.1126611279, 2023. DOI: 10.55905/revconv.16n.8-129. Disponível em: <https://ojs.revistacontribuciones.com/ojs/index.php/clcs/article/view/1358>. Acesso em: 14 fev. 2024.

DA SILVA, T. R. G. et al. Fatores abióticos no crescimento e florescimento das plantas. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 4, 2021.

DE MAMANN, Ângela TW et al. Nitrogen efficiency in wheat yield through the biopolymer hydrogel. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, p. 697-702, 2017.

DE PELEGRIN, Alan Junior et al. Polímeros hidroretentores na cultura da soja em condições de solo argiloso na região norte do Rio Grande do Sul. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, n. 1, p. 175-182, 2017.

DOMICIANO, Mateus Gonzales et al. Hidrogéis para retenção e disponibilização de água para cultivos agrícolas. **Revista brasileira de pesquisa em alimentos**, v. 1, p. 121-124, 2010.

ELBARBARY, AM; GHOBASHY, MM. Controlled release fertilizers using superabsorbent hydrogel prepared by gamma radiation. **Radiochim Acta**. 2017; DOI 10.1515/ract-2016-2679.

FERNANDES, D. A.; ARAUJO, Maicon Marinho Vieira; CAMILI, Elisangela Clarete. Crescimento de plântulas de maracujazeiro-amarelo sob diferentes lâminas de irrigação e uso de hidrogel. **Revista de Agricultura**, v. 90, n. 3, p. 229-236, 2015.

GHASEMI M. KHUSHKHUI M. Effects of super absorbent polymer on irrigation interval and growth and development of chrysanthemum (Dendranthema×grandiflorumKitam). **J Sci Technol Iran**.8(2):65– 82, 2008.

HERNÁNDEZ, M.; ECHARTE, L.; DELLA MAGGIORA, A.; CAMBARERI, M.; BARBIERI, P.; CERRUDO, D. Maize water use efficiency and evapotranspiration response to N supply under contrasting soil water availability. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 178, n. 1, p. 8-15, 2015. DOI: 10.1016/j.fcr.2015.03.017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378429015001082>. Acesso em: 20 may. 2024.

KLEIN, Claudia; KLEIN, Vilson Antonio. Estratégias para potencializar a retenção e disponibilidade de água no solo. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, p. 21-29, 2015.

KRAISIG, Adriana Roselia et al. Análise da superfície de resposta sobre o uso do biopolímero hidrogel no sistema soja/aveia. **Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics**, v. 6, n. 1, 2018.

MACEDO, Osmir Fabiano Lopes de. Síntese, caracterização e avaliação de hidrogéis superabsorventes copolimerizados empregados na liberação lenta de fertilizantes. 2022. 102 f. **Tese (Doutorado em Química) - Universidade Federal de Sergipe**, São Cristóvão, 2022.

MARQUES, P. A. A., & BASTOS, R. O. Use of different doses of hidrogel for sweet pepper seedling production. **Applied Research & Agrotechnology**, 3(2), 53-64, 2010. <https://doi.org/10.5777/paet.v3i2.1057>.

MARQUES, Tadeu A.; PINTO, Luis EV. Energia da biomassa de cana-de-açúcar sob influência de hidrogel, cobertura vegetal e profundidade de plantio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, p. 680-685, 2013.

MARTINEZ-SANTOS. T. et al. 83 Capítulo 06: Uso de polímero hidrorretentor e Azospirillum brasiliense na produção de milho safrinha em Tangará da Serra - MT. Sociedade 5.0: Educação, ciência, tecnologia e amor. **V Cointer PDVAgro**, Recife, 2020. DOI: <https://doi.org/10.31692/IICIAGRO.0078>.

MATOS FILHO, HÉLIO APARECIDO. Manejos de irrigação e doses de hidrogel retentor de água na cultura do pimentão. **Dissertação (Mestrado em Olericultura) - Instituto Federal Goiano**, Campus Morrinhos, 2017.

MONTEIRO NETO, J. L. L.; DE ALBUQUERQUE, J. de A. A.; SAKAZAKI, R. T.; ALVAREZ, R. A. M.; CARMO, I. L. G. da S.; MELO, A. K. P.; EVANGELISTA, M.O.; DA SILVA, A. A.; PRATI JUNIOR, D.; DE SOUSA, B. A. M. Substratos e hidrogel agrícola na produção de mudas de pimentão nas condições de Savana de Roraima. **Contribuciones a las ciencias sociales**, [S. l.], v. 16, n. 8, p.1126611279, 2023a. DOI: 10.55905/revconv.16n.8-129. Disponível em: <https://ojs.revistacontribuciones.com/ojs/index.php/clcs/article/view/1358>. Acesso em: 14 feb. 2024.

MONTEIRO NETO, J. L. L.; DE ALBUQUERQUE, J. de A. A.; SAKAZAKI, R. T.; CARMO, I. L. G. da S.; EVANGELISTA, M. O.; DA SILVA, A. A.; BRAZ, L. S. C.; PRATI JUNIOR, D. Métodos de aplicação e doses de hidrogel no cultivo de alface na savana de Roraima. **Contribuciones a las ciencias sociales**, [S. l.], v. 16, n. 7, p. 6607–6618, 2023b. DOI: 10.55905/revconv.16n.7-141. Disponível em: <https://ojs.revistacontribuciones.com/ojs/index.php/clcs/article/view/923>. Acesso em: 10 may. 2024.

NARJARY, B.; AGGARWAL, P.; SINGH, A.; CHAKRABORTY, D., SINGH, R. Water availability in different soils in relation to hydrogel application. **Geoderma**, n.187 e 188, p.94– 101, 2012.

NEVES, O. S. C.; AVRELLA, E. D.; PAIM, L. P.; FIOR, C. S. Retenção de água em substratos com hidrogel: influência das características do material e nível de adubação. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 31, n. 4, p. 1751-1767, 2021. DOI 10.5902/1980509843240. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/1980509843240>.

Nutrition & Care. Polímero superabsorvente da Evonik traz benefício à produção florestal. **Evonik Leading Beyond Chemistry**, 2021. Disponível em <<https://central-south-america.evonik.com/pt/polimero-superabsorvente-da-evonik-traz-beneficio-a-producao-florestal-156712.html>>. Acesso em: 23/05/2023.

RAIJ, B. V. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Vol. 100. Campinas: IAC, 1996.

SABADINI, Rodrigo. Combate à terra seca. **Pesquisa Fapesp**. Ed. 248. Out. 2016. Disponível em <https://revistapesquisa.fapesp.br/combate-a-terra-seca/>. Acesso em 03/abril/2023.

SANTOS, Gilmar Oliveira; RODRIGUES MARTINS, Guilherme; REZENDE BLAT, Nathan; BARBOSA MENDONÇA, Layson. Disponibilidade hídrica e as anomalias climáticas no cultivo de soja e milho no Cerrado. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, [S. l.], v. 10, n. 3, p. 214–222, 2022. DOI:10.20873/jbb.uft.cemaf.v10n3.santos. Disponível em: <https://sistemas.uft.edu.br/periodicos/index.php/JBB/article/view/13651>. Acesso em: 14 fev. 2024.

SANTOS, H. G.; JOCOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBREARAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; CUNHA, T. J. F. OLIVEIRA, J. B.; **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 353p. 2013.

SCHNEIDER, N.; GABRIEL, T.; VOSS, H.; COSTA, A. da. AVALIAÇÃO DE FERTILIZANTES DE BASE E DO HIDROGEL NA CULTURA DO MILHO EM NO ALTO VALE DO ITAJAÍ. **Anais da Feira do Conhecimento Tecnológico e Científico**, [S. l.], v. 1, n. 24, 2024. Disponível em: <https://publicacoes.ifc.edu.br/index.php/fetec/article/view/5091>. Acesso em: 10 maio. 2024.

SCREMIN, Osmar B. et al. Nitrogen efficiency in oat yield through the biopolymer hydrogel. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, p. 379-385, 2017.

SILVA, A. de S.; MOURA, M. S. B. de; BRITO, L. T. de L. Irrigação de salvação em culturas de subsistência. In: Brito, L. T. de L.; Moura, M. S. B. de; Gama, G. F. B. (Ed.). Potencialidades da água de chuva no semi-árido brasileiro. **Petrolina: Embrapa Semi-Árido**, 2007. cap. 8, p. 159-179.

SILVA DE SOUSA, R.; ALVES BASTOS, E.; JOSÉ CARDOSO, M.; QUEIROZ RIBEIRO, V.; RODRIGUES DE BRITO, R. Desempenho produtivo de genótipos de milho sob déficit hídrico. **Revista brasileira de milho e sorgo**, [S. l.], v. 14, n. 1, p. 49–60, 2015. DOI: 10.18512/1980-6477/rbms.v14n1p49-60. Disponível em: <https://rbms.abms.org.br/index.php/ojs/article/view/596>. Acesso em: 20 may. 2024.

SILVA, Samuel et al. Parâmetros produtivos do milho sob déficit hídrico em diferentes fases fenológicas no semiárido brasileiro. **Irriga**, v. 1, n. 1, p. 30-41, 2021.

SOARES, D. B.; NÓBREGA, R. S. Detecção de tendências na ocorrência de veranicos na microrregião do Pajeú –PE. **Revista de Geografia**, Recife, v. 26, n. 3, p.263-275, 2009.

SILVA, Welcio R. da et al. Irrigation levels and use of hydro retainer polymer in greenhouse lettuce production. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, p. 406-412, 2019.

USDA. United states department of agriculture, 2021. **Word Agricultural Procuotion-Foreign Agricultural Service/** USDA, march/2021. Acessado em: 15 de agosto de 2022.