

UNIGUAÇU – UNIÃO DE ENSINO SUPERIOR DO IGUAÇU LTDA
FAESI – FACULDADE DE ENSINO SUPERIOR DE SÃO MIGUEL DO IGUAÇU
ENGENHARIA AGRONÔMICA
Trabalho de Conclusão de Curso II

FÁBIO AMBONI

**HIDROGÉIS COMO ALTERNATIVA PARA RETENÇÃO DA ÁGUA NO
SOLO NA CULTURA DO MILHO**

SÃO MIGUEL DO IGUAÇU

2021

FÁBIO AMBONI

HIDROGÉIS COMO ALTERNATIVA PARA RETENÇÃO DA ÁGUA NO SOLO NA CULTURA DO MILHO

Projeto de pesquisa apresentado como requisito para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II do curso de Engenharia Agrônômica da Faculdade de Ensino Superior de São Miguel do Iguaçu.

Orientadora: Prof^a. Graciela Maiara Dalastra

SÃO MIGUEL DO IGUAÇU

2021

TERMO DE APROVAÇÃO

FÁBIO AMBONI

HIDROGÉIS COMO ALTERNATIVA PARA RETENÇÃO DA ÁGUA NO SOLO NA CULTURA DO MILHO

Trabalho de Conclusão de Curso II apresentado, sob a orientação da Professora Dra. Graciela Maiara Dalastra, aprovado como requisito para obtenção do grau no curso de Engenharia Agrônômica da FAESI – Faculdade de Ensino Superior de São Miguel do Iguaçu, pela seguinte banca examinadora:

Prof^a. Dra Graciela Maiara Dalastra
Instituição

Prof^a. Dra. Danielle Acco Cadorin
Instituição

Prof. Dr. Fábio Corbari
Instituição

SÃO MIGUEL DO IGUAÇU, 13 de Maio de 2021

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho a toda minha família, minha esposa, meu filho, minha mãe, meu pai, por todo apoio, que com a força de Deus, que sempre foi e sempre será a base de todas as minhas vitórias.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus pelo dom da vida e por ter me proporcionado chegar até aqui.

Agradeço a minha família, minha esposa Daniela, meu filho Artur, por todo incentivo, amor, compreensão, admiração, apoio e sacrifício para que eu possa correr atrás de meus objetivos e realizar meus sonhos por sua capacidade de acreditar e investir em mim.,

Aos meus pais Marilene e Waldemar, que significam segurança e certeza de que não estou sozinho nessa caminhada.

Agradeço aos professores que sempre estiveram dispostos a ajudar e contribuir para um melhor aprendizado em especial a professora e orientadora Graciela.

E enfim, a todos que contribuíram para a realização deste trabalho, seja de forma direta ou indireta, fica registrado aqui, o meu muito obrigado.

EPÍGRAFE

“Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível.

” Charles Chaplin

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 JUSTIFICATIVA	14
3 OBJETIVOS	15
3.1 Objetivo geral	15
3.2 Objetivos específicos	15
4 REVISÃO DE LITERATURA	16
4.1 A cultura do milho	16
4.2 DÉFICIT HÍDRICO NO CULTIVO DO MILHO	18
4.3 HIDROGÉIS	21
4.4 USO DOS HIDROGÉIS NA AGRICULTURA	23
5 MATERIAL E MÉTODOS	26
5.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	26
5.2 CARACTERÍSTICAS EDAFOCLIMÁTICAS DA ÁREA DO EXPERIMENTO	26
5.3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	26
5.3.1 Híbrido de milho utilizado	26
5.3.2 Delineamento experimental e tratamentos	27
5.3.3 Manejo da cultura	27
5.3.4 Condução do experimento	28
5.4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS	30
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
7 CONCLUSÃO	38
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS	39
REFERÊNCIAS	40

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Precipitação média acumulada da área do experimento localizado em São Miguel do Iguaçu, entre setembro de 2020 e fevereiro 2021.	31
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Características agronômicas do milho27

Tabela 2 - Comparação de médias pelo teste de Tukey para as variáveis de características agronômicas: Diâmetro de colmo (DC), número de fileiras por espigas (NFE), peso mil grãos (PMG), umidade (U), massa média por plantas (MMP) e a produtividade (PROD) de milho (K9660 Pro2) em diferentes tratamentos.....33

RESUMO

O milho (*Zea mays* L.) é um cereal considerado como um produto versátil, de múltiplas aplicabilidades, desempenha um papel de fundamental importância para a agricultura brasileira. O efeito da disponibilidade hídrica é notório na expressão produtividade potencial da cultura. Os polímeros hidroretentores têm a capacidade de reter água, podendo atuar em situações onde a disponibilidade hídrica é deficiente, como nos casos de estresse hídrico e períodos de longa estiagem. Deste modo, esse favorecimento da sua aplicação na agricultura vem mostrando resultados promissores. Objetivou-se nesta pesquisa, avaliar o uso de polímero hidroretentores na cultura do milho, sob efeito de condições climáticas em lavoura comercial. Conduziu-se este experimento a campo na propriedade do produtor Waldemar Amboni, localizada no município de São Miguel do Iguçu-PR. O delineamento experimental utilizado em blocos casualizados, com dois tratamentos, com dez repetições cada, totalizando vinte parcelas. Os tratamentos foram constituídos (com a aplicação de hidroretentor 10%) e (testemunha). As avaliações foram realizadas em dezembro de 2020 e março de 2021, nas seguintes variáveis: Diâmetro de colmo (DC), número de fileiras por espigas (NFE), peso mil grãos (PMG), umidade (U), massa média por plantas (MMP) e produtividade (IP). Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e ao teste de Tukey, a nível de 5% de significância, para comparação das médias entre os tratamentos. A aplicação de polímero hidroretentor (10%) contribuiu para o peso da massa grãos, massa média por espigas e conseqüentemente, a produtividade da cultura do milho, demonstrando eficiência em seu uso.

Palavras-chave: Polímeros. Retenção Hídrica. Eficiência. Produtividade.

ABSTRACT

Corn (*Zea mays* L.) is one of the cereal considered as a versatile product, with multiple applications, it plays a fundamental role for Brazilian agriculture. The effect of water availability is evident in the expression of the potential productivity of the crop. Hydro-retaining polymers have the ability to retain water and can act in situations where water availability is deficient, such as in cases of water stress and periods of long drought. Thus, this favor of its application in agriculture has shown promising results. The objective of this research, was to evaluate the use of water-retaining polymers in the corn, crop under the effect of climatic conditions in commercial crops. This experiment was conducted in the field on the property of producer Waldemar Amboni, located in the municipality of São Miguel do Iguçu-PR. The experimental design used in randomized blocks, with two treatments, with ten repetitions each, totaling twenty plots. The treatments were constituted (with the application of 10% hydroretentor) of (control). The evaluations were carried out in December 2020 and March 2021, on the following variables: Stem diameter (DC), number of rows per ear (NFE), weight thousand grains (PMG), humidity (U), average mass per plant (MMP) and productivity (IP). The results obtained were subjected to analysis of variance and Tukey's test, at a level of significance of 5%, to compare the means between treatments. The application of water-retaining polymer (10%) contributed to the weight of grains, average mass per ears and consequently, the productivity of the corn crop, showing efficiency in its use.

Key word: Polymers. Hydraulic Retention. Efficiency. Productivity.

1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é um dos cereais considerado como um produto versátil, de múltiplas aplicabilidades, devido às suas propriedades nutricionais, composição química e diversidade de utilização, tanto na alimentação humana quanto animal. É um componente primordial na fabricação de ração animal, base da produção de leite, ovos, carne de suínos e aves (MIRANDA *et al.*, 2019).

A produção mundial de milho tem crescido expressivamente nos últimos 18 anos, passando de 591 milhões de toneladas para mais de 1,07 bilhão de toneladas. No Brasil a produção de milho na safra 2018/19, resultou numa produção de 98.504 milhões de toneladas, sendo considerado o terceiro maior produtor de milho, ficando apenas atrás de EUA e China. Porém, de acordo com a Companhia Nacional de Armazenamento (CONAB, 2020), a estimativa nacional de cultivo de milho para safra 2019/20, deverá apresentar diminuição de 1,7% em comparação a 2018/19 e resultar em uma produção aproximada de 98,4 milhões de toneladas. A produção tem sido estimulada pelo crescimento e evolução da suinocultura e avicultura, bem como, das exportações (CONAB, 2020).

Desta forma, o desenvolvimento das plantas e a obtenção de altos rendimentos nas culturas são necessários, no mínimo sete fatores ambientais: água, radiação solar, calor (temperatura), oxigênio, pH, permeabilidade e nutrientes. Nenhum fator age isoladamente, mas de forma integrada com os demais. No solo, diversas propriedades químicas, físicas e biológicas, estão relacionadas com a adequada disponibilidade de oxigênio, água e nutrientes para as plantas (FLOSS, 2011).

Segundo Gomide e Albuquerque (2008), a disponibilidade hídrica é algo a se preocupar, principalmente na agricultura, já que 70% da água captada pelo homem são utilizadas na irrigação de culturas. Porém, ainda ocorrem desperdícios em algumas atividades como, abastecimento, irrigação mal manejados e/ou elaborados, processos industriais entre outros. Apesar disso, a agricultura é única a devolver água limpa ao ambiente por meio da evapotranspiração.

Segundo Dusi (2005), a quantidade de água disponível no solo é um fator crucial para a qualidade e eficiência do crescimento das plantas, uma vez que ela participa diretamente de inúmeras reações tanto no solo e nos vegetais. A necessidade de aperfeiçoar a produção tem estimulado pesquisadores a buscarem técnicas alternativas para melhoria da produtividade e redução de custos. Nesse

contexto, os polímeros hidrotentores passaram a ser pesquisados na agricultura como forma de reduzir os problemas associados à baixa produtividade, em geral, provocada pela disponibilidade irregular ou deficitária de água e má estruturação do solo, otimização do crescimento e aumento de produtividade das plantas e redução da frequência de irrigação (PREVEDELLO; LOYOLA, 2007; SILVA *et al.*, 2008).

Com relação às pesquisas do desenvolvimento dos polímeros à base de poliácridamida na década de 50 deram-se através de uma empresa americana, em que os hidrogéis à base de poliácridamida, possuíam capacidade de armazenamento de vinte vezes sua massa. Porém nos anos 70, suas propriedades de retenção de água foram melhoradas por uma empresa britânica, conseguindo aumentar sua capacidade de retenção para até quatrocentas vezes (AZEVEDO, 2002; MENDONÇA *et al.*, 2013).

Assim, os polímeros hidrotentores também apontados como condicionadores de solo, polímeros hidroabsorventes, géis hidrotentores ou simplesmente denominados como hidrogel, nos últimos anos passa a ser amplamente utilizados no uso agrícola (FERNANDES, 2016) e, no momento que é aplicado ao solo, são altamente hidrofílicos, pois apresentam grupos carboxílicos que facilitam a retenção de água com posterior disponibilização para as plantas (CARVALHO *et al.* 2013; CONTE *et al.* 2014), sendo considerado uma alternativa viável para melhorar o armazenamento de água em áreas de escassez (MENDONÇA *et al.* 2013) e, quando incorporado ao solo aumenta a disponibilidade de água e nutrientes para as plantas (BERNARDI *et al.*, 2012).

A maior parte das pesquisas realizadas mostrou-se favorável ao emprego de polímeros nos solos agrícolas, apresentando como principal vantagem a melhor utilização da água (PREVEDELLO e LOYOLA, 2007). Porém, quando mal executados podem prejudicar o desenvolvimento das plantas (NAVROSKI, 2013).

Gervásio e Frizzone (2004) avaliaram elevado potencial de absorção do polímero e verificaram que, quando submetidos à saturação em água, a absorção não é a mesma do que quando são misturados em meios de cultivo, seja substrato, seja solo.

Para Azevedo *et al.* (2002), os polímeros hidrotentores funcionam como uma alternativa para situações em que não haja disponibilidade de água no solo, circunstâncias de estresse hídrico ou em longos períodos de estiagem ocasiões em

que a baixa umidade do solo afeta, de forma negativa, o crescimento e o desenvolvimento das plantas.

A resposta das plantas ao estresse hídrico depende de sua intensidade e duração e, é variável em cada espécie, bem como, na fase de desenvolvimento das culturas. No entanto, o uso de materiais como os hidrogéis, têm sido estudados pela sua multifuncionalidade, pois, podem absorver grande quantidade de água, aumentando a produtividade e minimizando os custos de produção (MENDONÇA *et al.*, 2013), sendo comprovado por diversos estudos seu uso na agricultura (BOGARIN, 2014).

Portanto, novas técnicas e tecnologias são geradas e investigadas diante dessa significância do uso de hidrogéis na agricultura, seu uso pode promover a maior retenção de água no solo e, a adoção no plantio do milho, conseqüentemente favorecerá a obtenção de estande de plantas ideal e ao maior rendimento da cultura. Além disso, é possível afirmar que quanto menor a disponibilidade de água, maior a importância do hidrogel no sistema, uma vez que é nessas condições sua atividade é mais notável.

2 JUSTIFICATIVA

Inúmeras projeções apontam que nos próximos anos haverá um aumento populacional global, com isso, a necessidade de aumentar a produção de alimentos, principalmente no Brasil, se exige dos setores produtivos a aplicação do uso de tecnologias que permitem esse aumento da produção de alimentos para este patamar necessário. Pensando nessas projeções e ao grande potencial tecnológico investido atualmente nas práticas agrícolas brasileiras, uma das culturas que vem merecendo destaque é a do milho, sendo cultivada em todas as regiões do país, e o Paraná encontra-se entre os principais produtores nacionais.

Porém, vários são os fatores que contribuem para o desenvolvimento da cultura do milho de forma direta, como a questão da deficiência hídrica, que podem ocasionar a redução do vigor vegetativo, na altura da planta, na produção, fertilidade do pólen e redução da produtividade. Assim, buscando amenizar o déficit hídrico ou não, com a utilização de hidroretentores na agricultura, neste caso na cultura do milho, buscou-se por meio desta pesquisa, uma alternativa em obter maior eficiência da relação da água no solo e planta, no qual os polímeros hidroretentores possuem grande capacidade de armazenamento de água, reduzindo perdas dos nutrientes, melhoram aeração e drenagem do solo, favorecendo um bom desenvolvimento da cultura.

Desta forma, desenvolver o experimento em uma área de milho à campo, utilizando o polímero hidroretentor (Hidroterragel 10%), visa analisar seus efeitos e resultados positivo quanto à relação com o desenvolvimento da planta de milho, além de mitigar os impactos possíveis da deficiência hídrica na cultura.

Os dados obtidos neste trabalho, contribuem para o avanço das informações no meio científico, nas recomendações de uso hidroretentores (Hidroterragel), para as grandes culturas, neste caso milho, podendo se mostrar promissor nas circunstâncias de estresse hídrico ou longos períodos de estiagem.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o uso de polímeros hidroretentores na cultura do milho sob efeito de condições climáticas em lavoura comercial.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a eficiência de polímeros hidroretentores na cultura do milho em ambiente aberto;
- Verificar a eficiência do uso polímeros hidroretentores nas características: diâmetro do colmo, peso de mil grãos, número de fileiras por espiga e massa média por planta.
- Avaliar o seu efeito na produtividade da cultura do milho.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 A CULTURA DO MILHO

O milho (*Zea mays* L.) é uma espécie diplóide e alógama, pertencente à família Poacea (Gramineae) originou-se da América do Sul e Central, contém cerca de 300 raças, milhares de variedades, e está entre as plantas de maior eficiência comercial, ampla diversidade de adaptação em diversas condições ecológicas, cultivadas em mais de 160 países, desempenha um papel de fundamental importância para a agricultura brasileira, contribuindo para a produção de alimentos no mundo (FORNASIERI, 2007; QUEIROZ *et al.* 2019) e, é uma das mais eficientes plantas armazenadoras de energia existentes na natureza (mecanismo C₄), cultivada principalmente, para a produção de grãos e silagem (FLOSS, 2011).

Neste ambiente de consumo mundial, o Brasil se enquadra como o terceiro maior produtor de milho. A importância econômica do milho é caracterizada pelas diversas formas de sua utilização, que vão desde a alimentação animal até a indústria de alta tecnologia (CRUZ *et al.*, 2016).

A cadeia produtiva do milho, bem como a da soja, é um dos segmentos econômicos importantes do agronegócio brasileiro. O milho é uma das commodities que dominam o mercado agrícola nacional e internacional. No panorama mundial, os maiores produtores de milho, estão concentrados principalmente em três países, Estados Unidos, China e Brasil, que juntos são responsáveis por 66,39% da produção mundial da *commodity* (PALUDO, 2019).

Há dez anos, o Sudeste e o Sul respondiam por 58% da produção, hoje somente o Centro-Oeste colhe 53% do milho do Brasil (MIRANDA *et al.*, 2019). O incremento da produção brasileira de milho, deve-se ao nível tecnológico destinado a cultura, melhorias no processo de manejo, difusão do conhecimento e informações técnicas aos produtores rurais, biotecnologia, otimização dos insumos entre outros (ARTUZO *et al.*, 2015).

De acordo com Artuzo *et al.* (2019), em termos de produção houve um incremento nos últimos anos da produção brasileira de milho. De acordo ainda com o autor, dados obtidos pela Companhia Nacional de Abastecimento, sendo realizado comparativo de produção, em 1997 produziram 35.715,6 mil toneladas, passando a

66.530,6 mil toneladas na safra de 2016, refletindo assim, em um aumento de 86,28% da produção deste cereal.

Porém, os aumentos nas últimas safras foram significativos, resultando em uma produção de 98.504 milhões de toneladas na safra 2018/2019. Já, estimativas para a 2019/20, deverá apresentar uma área de 18,2 milhões hectares, e uma produção de 101,9 milhões de toneladas (CONAB, 2020). Entretanto, dados da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2018), estima-se uma projeção que em 2027 a produção de milho no Brasil será em torno de 118 milhões de toneladas de grãos, dos quais 35 milhões de toneladas serão para exportação.

Para Silva (2015), em cerca de uma década, o Brasil aumentou a área de plantio com milho em 30% e a produção em mais de 200%. Nesse contexto, os destaques de produção estão concentrados nas regiões Centro-oeste e Sul, destacando-se o Mato Grosso, com uma produção total de mais de 26 milhões de toneladas, seguido do Paraná, com quase 12 milhões de toneladas, em uma área de 2.430,9 mil hectares, e uma produtividade média de 4.878 kg ha⁻¹, e em terceiro lugar o estado de Goiás, produzindo mais de 8 milhões de tonelada de milho (CONAB, 2019). Desta forma, todo esse crescimento linear está voltado à evolução da suinocultura e avicultura, bem como ao crescimento das exportações (CONAB, 2020).

Segundo Rossi (2014), a maior parte da produção de milho é destinada a alimentação animal, sendo o mesmo, utilizado em rações, na composição de concentrados, e na produção de silagens de grãos úmidos e planta inteira.

De acordo com (EMBRAPA, 2015), o cultivo de milho no Brasil se divide em duas etapas: milho verão e milho safrinha/segunda safra. A segunda safra de milho foi inserida pelos agricultores com o objetivo de se ter mais uma opção de cultivo no inverno, sendo que em alguns estados se tornou tão importante que substituiu totalmente à cultura do trigo, e nos últimos anos no Brasil a segunda safra é responsável pela maior parte da produção de milho (TEIXEIRA, 2017).

Duarte *et al.* (2008), ressaltam que dois fatores contribuíram para elevar a importância do cultivo safrinha, sendo eles: necessidade de rotação de cultura com a soja e, conseqüentemente maior produção de cobertura de solo no sistema de plantio direto, pois o milho é plantado logo após a colheita da soja.

Entretanto, Garcia *et al.* (2018), relatam que alguns fatores são cruciais para a queda na produtividade do milho, principalmente por ocorrência das condições climáticas, potencial genético de híbridos da cultura, manejo nutricional e do manejo

de pragas e doenças. Porém, dentre esses fatores de maior exigência, é a influência do clima na produtividade e, é o que se tem o menor poder de controle (SCHAUBERGER *et al.*, 2017).

O período de crescimento e desenvolvimento do milho é limitado pela água, temperatura e radiação solar ou luminosidade, estes afetam diretamente a produção de grãos e matéria seca, vez que, esses índices interferem diretamente na fisiologia da planta (LANDAU, *et al.*, 2009). Sendo assim, épocas de semeaduras variam de acordo com as características edafoclimáticas de cada região, já que alguns híbridos de milho, o desenvolvimento radical é proporcional à disponibilidade de água, já que a quantidade de água utilizada pelo milho varia de 410 a 640 mm, porém, existindo alguns genótipos que exigem quantidades de até 300 mm e alguns, acima de 840 mm (FLOSS, 2011).

Para Grossi *et al.* (2011), outro fator importante aliado as questões de precipitações pluvial na cultura do milho, a temperatura do ar, também é determinante na fase de crescimento, desenvolvimento e duração do ciclo da cultura. Altas temperaturas podem causar estresse hídrico através da depleção da água do solo e aumento da demanda de água na atmosfera

O milho é uma cultura de ciclo vegetativo bastante variado, podendo ser proveniente de materiais genéticos (híbridos ou variedades cultivadas) que, nas condições brasileiras, a cultura apresenta ciclo que varia em torno de 110 - 180 dias, porém, se evidencia cultivares extremamente precoces, cuja polinização pode ocorrer 30 dias após a emergência, até mesmo aqueles cujo ciclo vital pode alcançar 300 dias ciclo variável de 30 - 300 dias após emergência para a polinização (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000; FORNASIERI FILHO, 2007; NASCIMENTO *et al.*, 2011).

Desta forma, Viana (2011) enaltece que a produtividade deve ser construída ao longo dos anos, cabe ao produtor adotar técnicas que vem de encontro com a melhoria do ambiente de cultivo, principalmente buscar a melhoria da qualidade do solo, da aeração, infiltração e outros componentes importantes para um bom desempenho do cultivo.

4.2 DÉFICIT HÍDRICO NO CULTIVO DO MILHO

O milho por ser uma planta C₄ requer uma quantidade de água menor por unidade de matéria seca produzida em relação a outros cereais de inverno. Porém

para a maioria dos híbridos de milho existentes, o desenvolvimento radicular é proporcional à disponibilidade de água (FLOSS, 2011). Desse modo, as maiores exigências de água na cultura concentram-se na fase de emergência, florescimento e formação do grão (FANCELLI; DOURADO-NETO, 2000).

Dentre os estresses abióticos, o estresse hídrico é o que mais limita a produtividade agrícola, uma vez que provoca danos em todos os estágios de desenvolvimento das culturas (CAVALCANTE *et al.*, 2009). Perdas significativas são observadas na cultura do milho quando ocorre estresse nessas fases: dois dias de estresse hídrico culmina com a fase de florescimento, é responsável por grandes quebras de produtividade diminuindo o rendimento de grãos em mais de 20% e se o estresse persistir por quatro a oito dias, a redução é de mais de 50% (MAGALHÃES; DURÃES, 2006).

Bergamaschi *et al.* (2006), faz uma ressalva em sua pesquisa, em que o elevado grau de combinação, entre o rendimento de grãos de milho e as condições de deficiência hídricas do período de dez dias tem impacto sobre rendimento de grãos de milho, quando este ocorre no florescimento.

Para Cruz *et al.* (2006), a cultura do milho necessita que os índices dos fatores climáticos, especialmente a temperatura, a precipitação pluviométrica e o fotoperíodo, atinjam níveis considerados ótimos, para que o seu potencial genético de produção se expresse ao máximo.

No entanto, Silva *et al.* (2012) relatam que o milho é considerado uma cultura de alta demanda hídrica e também uma das mais eficientes no uso da água, ou seja, apresenta alta relação de produção de matéria seca por unidade de água. Deste modo, a água é o principal elemento em disponibilidade, para que haja um bom desenvolvimento de qualquer vegetal cultivado em qualquer região, especialmente, o cultivo de milho. Por ter uma função importante no desenvolvimento da cultura no que tange ao desempenho fisiológico, as consequências do déficit hídrico acarretarão perda turgescência, diminuição do crescimento celular, fechamento dos estômatos, além, de todos os processos metabólicos (JALEEL *et al.* 2009) além, de afetar o rendimento/ produtividade de grãos na cultura do milho (MARTINS *et al.*, 2010).

Wu *et al.* (2011), avaliando o crescimento e a transpiração do milho em uma casa de vegetação sob deficiência hídrica, verificou que ocorre redução na formação de fitomassa e na transpiração, quando a umidade nos vasos foi inferior a 90% da capacidade de campo.

Bergamaschi *et al.* (2004) evidenciaram que o déficit hídrico reduziu o crescimento do milho, em função de decréscimos da área foliar e da biomassa, durante o período vegetativo.

Para Almeida *et al.* (2003), ao avaliarem diferentes híbridos de milho em função de déficit hídrico, constataram que houve significativa queda na produção da massa seca da parte aérea, taxa de crescimento celular, índice de área foliar (IAF) e taxa de expansão celular das plantas, sendo que a resposta varia de acordo com o híbrido utilizado.

De acordo com Floss (2011), a cultura de milho é altamente dependente de disponibilidade de água, exige um mínimo de 350 a 500 mm de precipitação no verão para que produza satisfatoriamente, sem que seja necessário o uso de irrigação. Períodos de deficiência hídrica de uma semana por ocasião do pendoamento, pode promover queda de produção em torno de 50%, ao passo que, essa deficiência hídrica posterior à polinização, acarretará danos de 25% a 32% na produção (FANCELLI, 2015).

O efeito da disponibilidade hídrica é notório na expressão produtividade potencial de uma cultura. Entretanto, os efeitos da deficiência hídrica são em sua maioria prejudiciais à produtividade das lavouras de milho, geralmente, quando o déficit hídrico ocorre durante o florescimento (período crítico da cultura), a produtividade de grãos é afetada, reduzindo principalmente, o número de grãos por espiga (BERGONCI *et al.* 2001) inclusive, estacionar o crescimento vegetativo, bem como atrasar o desenvolvimento reprodutivo das plantas (FANCELLI, 2002).

Trabalhando em pesquisas com milho irrigado Bergamaschi *et al.* (2006), ao avaliaram a influência da restrição hídrica nos componentes de produtividade, em diferentes cultivares e constataram redução de 25% a 44%. Os autores fizeram uma observação, quando há uma depleção no conteúdo de água no solo em torno de 60% da capacidade de campo, pode comprometer significativamente o rendimento biológico e econômico da cultura.

O milho em condições ideais de campo possui um consumo de água estimado em 4 milímetros/dia em seu desenvolvimento até 8 folhas, aumentando o consumo para 5,5 a 7,5 milímetros/dia na fase de “emborrachamento” e grão leitoso (FANCELLI, 2018) porém, em clima quente e seco raramente excede 3,0 mm/dia enquanto a planta estiver com uma estatura menor que 30 cm. No entanto, quando as

plantas estão submetidas a condições de intenso calor e baixa umidade relativa do ar, o consumo de água pelo milho pode chegar a 10 mm/dia (FLOSS, 2011).

A água disponível para a cultura encontra-se na dependência da profundidade explorada pelas raízes, da capacidade de armazenamento de água no solo e da densidade radicular da planta (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000). É importante mencionar que os maiores danos proporcionados à produtividade do milho (cerca de 90% de quebra de produtividade) sempre estiveram relacionados com estresse hídrico.

Nesse sentido, para que a cultura tenha um crescimento e um bom desenvolvimento, as plantas necessitam de condições ambientais adequadas. As relações entre o balanço hídrico, a temperatura e a umidade do ar, fazem parte do conjunto de elementos climáticos que influencia na produtividade do milho. Desta forma, uma boa manutenção das condições físico-hídricas do solo é extremamente dependente da infiltração e da redistribuição de água no solo, facilitando que a planta possa manter-se hidratada e desempenhar seus processos metabólicos dentro de um ótimo de eficiência fisiológica (SCHIEBELBEIN *et al.*, 2017).

De maneira geral, o estresse hídrico é um consistente redutor do potencial produtivo da cultura do milho. E neste caso, os polímeros hidroretentores podem ser interessantes, atuando como reguladores da disponibilidade de água para as culturas, aumentando a produtividade local e minimizando os custos de produção (MENDONÇA *et al.*, 2013).

4.3 HIDROGÉIS

A utilização de materiais como os hidrogéis tem sido estudada pela sua multifuncionalidade e, na agricultura tem sido uma estratégia para o manejo agrícola, devido às suas características de condicionadores do solo, contribuindo satisfatoriamente como, diferente capacidade de retenção de água e diferentes possibilidades de reserva de água para as raízes das plantas, bem como, evitar a perda de umidade e nutrientes, incorporados ao solo, pode-se melhorar ainda mais o meio em que as plantas irão se desenvolver (DUSI, 2005; MENDONÇA *et al.* 2013; BOGARIN, 2014), mas, quando usados na agricultura os polímeros hidroretentores reduzem a frequência de irrigação (VENTUROLI e VENTUROLI, 2011).

Os polímeros hidroabsorventes (hidrogéis), são estruturas em forma tridimensionais formadas a partir de macromoléculas ou polímeros hidrofílicos entrecruzados que ao absorver água, tem a habilidade de reter uma quantidade significativa de água dentro de sua própria estrutura e de aumentar de volume, sem sofrer dissolução (PINTO *et al.*, 2015; SABADINI, 2015). Quanto as suas características estruturais, quando secos, os hidrogéis apresentam estrutura granular rígida semelhante a um grão de areia, e quando hidratados, absorvem água em até mais de três vezes a sua massa tomando uma conformação irregular e macia que se assemelha a um gel (VERVLOET FILHO, 2011; NASCIMENTO NETO, 2017).

De acordo com Azevedo *et al.* (2002), os polímeros à base de poliacrilamida, foram criados na década de 50, por uma empresa americana, onde esses materiais tinham a capacidade de retenção de água apenas 20 vezes a sua massa, porém, no ano de 1982 passou para sua capacidade de até 400 vezes, quando uma empresa britânica alavancou as pesquisas, mas, pelo seu elevado custo e falha dessas pesquisas no uso agrícola, inviabilizaram o uso destes polímeros.

Porém, para comprovar a eficiência dos hidrogéis como condicionantes de solo e principalmente como um produto que tem a capacidade de reter e disponibilizar água para as culturas, na década de 80, diversos estudos foram realizados por (WILLINGHAM JR. *et al.* 1981; WALLACE, 1987; SAYED *et al.* 1991 *apud* JORGE *et al.* 2019, p.5). Porém, no Brasil, a contribuição com as pesquisas e aplicabilidade do polímero hidrotentor foram desenvolvidas por BALENA (1998) e por AZEVEDO (2000).

São substâncias orgânicas ou sintéticas, podem ser naturais (derivado de amido) ou como os sintéticos (derivado de petróleo), porém os sintéticos de fácil obtenção apresentam grande poder de absorção e baixo custo além de se acumularem no ambiente, por não se degradarem naturalmente, podem ser lixiviados para rios e cursos d'água (JORGE, *et al.*, 2019; SABADINI, 2015).

Mencionam-se a evolução e aprimoramento dos hidrogéis e, destacam-se as funções do potencial agrícola desses produtos. Porém, a literatura internacional traz significativos progressos, principalmente, quanto às melhorias das características de retenção de água dos chamados géis superabsorventes e do poder biodegradável desses polímeros (NASCIMENTO *et al.*, 2020).

Apesar da grande maioria dos polímeros serem sintéticos, ainda em pesquisa, as novas formulações estão sendo desenvolvido, como hidrogéis à base de produtos

naturais, o que faz a diferença por eles ser biodegradáveis, não deixam resíduos (VASCONCELOS, 2016). Portanto, fazer o uso de hidroretentores de solo, feito a partir de polímeros naturais, tem sido visto, como uma nova possibilidade de reduzir o déficit hídrico nos vegetais. Porém, quando estes polímeros aplicados na agricultura às vantagens é que permite o cultivo em regiões áridas, com poucas chuvas, em lavouras que se faz uso de irrigação, reduz a frequência, além disso, colabora expressivamente, na chance de que as mudas não morrerem em função da estiagem bem como, favorece o crescimento das plantas (SABADINI, 2015).

O Hidrogel contém arranjos de moléculas orgânicas, quando estão desidratados, ou seja, secos têm forma granular, pequena, quebradiça e coloração branca. Após a hidratação torna-se gelatinosa e pode disponibilizar água para as plantas ao longo do tempo, reduzindo perdas por percolação (RESENDE, 2016), funcionando como alternativa há disponibilidade hídrica, reduzindo impactos de estresse hídrico, como baixo crescimento, desenvolvimento e queda de produção das plantas (AZEVEDO *et al.* 2002). Porém, como na grande maioria das tecnologias, quando mal utilizado pode prejudicar o desenvolvimento das plantas (NAVROSKI, 2013).

Nesse contexto, contar com essa nova técnica no campo contribui de forma significativa, uma vez que o hidrogel é capaz de manter disponível a água para a planta no momento certo. Desta forma, Fernandes *et al.* (2016), prevalece por grande parte das pesquisas o seu efeito favorável quanto o seu emprego nos solos agrícolas, apresentando, ser um grande fator de convergência, maior disponibilidade de água, minimizando os efeitos de possíveis veranicos, especialmente, na fase de implantação das culturas.

4.4 USO DOS HIDROGÉIS NA AGRICULTURA

Quando aplicado ao solo o polímero retarda o aparecimento de sintomas de estresse hídrico, em virtude do fornecimento de água por maior período de tempo. Devido a essas propriedades, os hidrogéis têm sido usados em diversas áreas e aplicações demonstrando eficiência como moderador de estresse hídrico às plantas, sendo utilizado em uma gama de variedades de culturas, como, milho, alface, eucalipto, maracujazeiro, citros, abacaxizeiro (NASCIMENTO NETO, 2017), além de

na formação de gramados em jardins, campos de futebol e de golfe (MENDONÇA, 2013).

Visando melhorar a eficiência da água, o hidrogel tem sido utilizado com a finalidade de amenizar a irregularidade de fornecimento de água às plantas, podendo atuar em situações onde a disponibilidade hídrica é deficiente, como nos casos de estresse hídrico e períodos de longa estiagem. Deste modo, esse favorecimento da sua aplicação na agricultura vem mostrando resultados promissores (ZONTA *et al.*, 2009).

A maior parte das pesquisas realizadas mostrou-se favorável ao emprego de polímeros nos solos agrícolas, apresentando a principal vantagem, melhor aproveitamento e uso da água. Tohidi-moghadam *et al.* (2009), estudando a resposta seis genótipos de canola a estresse hídrico e aplicação de hidrogéis, concluíram o uso desse produto, aumentou o desempenho dos caracteres agrônômicos e fisiológicos, atribuindo à aplicação do polímero ao fornecimento de água. Os resultados de campo mostraram que a deficiência de água e a ausência de superabsorvente levaram a um decréscimo em todos os parâmetros agrônômico favorecendo a fotossíntese, e o conteúdo de clorofila.

De acordo com Azevedo (2002), ao avaliar a eficiência do polímero poliacrilamida, adicionado ao substrato de transplante no armazenamento de água para o cafeeiro e utilizando quatro doses de polímero e quatro turnos de rega, concluiu que a altura e o peso seco das plantas aumentaram com a adição do polímero.

Os resultados obtidos por News *et al.* (2015), indicam que o uso do hidrogel incorporado ao substrato associado à adubação nitrogenada de cobertura influenciou positivamente o crescimento e a qualidade das mudas de *H. androanthus ochraceus* (Ipê-amarelo) quando comparados ao tratamento controle.

Lopes (2016) utilizando polímero hidretoentor na cultura do feijão caupi, a aplicação desse produto promoveu com significância, uma maior produção de vagens em relação à testemunha.

Segundo Vasconcelos (2016), os resultados de estudos desenvolvidos pela Universidade Federal de Lavras (UFLA), mostraram que pés de café que foram adicionados polímeros hidretoentor, apresentaram uma evolução 10% maior em relação aos demais. Também foi constatado nas raízes, que cresceram 40% mais que as plantas que não receberam o produto.

Nesse sentido, a ação dos hidrotentores na agricultura ao elevar a disponibilidade de água (acréscimos em torno de 125%), fornece proteção ao sistema radicular contra desidratação, redução de lixiviação de nutrientes, melhoria da aeração e da drenagem do solo, contribuindo para germinação de sementes e desenvolvimento radicular (AZAMBUJA *et al.*, 2015; NAVROSKI *et al.*, 2015; PINTO, 2011).

Nesse contexto, o uso do hidrogéis tem surtido bons efeitos na agricultura, isso exemplifica o fato de sua crescente utilização em casa de vegetação (SANTOS *et al.* 2015; MOTA; MAXIMIANO, 2019). Outro fator relevante, é o favorecimento que o agricultor não perca as mudas e as sementes plantadas, caso ocorra um período de estiagem, sendo uma garantia que a plantação vai prosperar mesmo na falta de chuvas (VASCONCELOS, 2016).

Embora os hidrogéis sejam uma tecnologia consagrada, é importante estabelecer parâmetros de seu uso, que varia conforme a cultura, o solo, o clima e as características meteorológicas da região. Deste modo, Coelho *et al.* (2008), afirmam que contar com essa nova técnica no campo, contribui de forma significativa, uma vez que o hidrogel é capaz de manter disponível a água para a planta no momento certo.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O experimento a campo foi conduzido na propriedade do produtor Waldemar Amboni, localizada na linha Saquarema, município de São Miguel do Iguçu-PR, situada entre as coordenadas geográficas: latitude 25°19'0.77"S e longitude 54°20'28.17"O a 256 m de altitude. A atividade predominante na propriedade, é plantio de safra verão soja e segunda safra milho (safrinha). O sistema de plantio utilizado na área do desenvolvimento do experimento é sistema de plantio direto (SPD).

5.2 CARACTERÍSTICAS EDAFOCLIMÁTICAS DA ÁREA DO EXPERIMENTO

O solo da área é classificado como os solos mais espessos, solo classificado como Latossolo Vermelho eutroférico (EMBRAPA, 2006).

O clima predominante da região de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Cfa, subtropical úmido (mesotérmico) ou seja, com média nos meses mais quentes superior a 22 °C e no mês frio inferior a 18 °C, com verões quentes, com tendência de concentração das chuvas, invernos com geadas pouco frequentes, sem estação seca definida. (CAVIGLIONE *et al.*,2000).

A precipitação de chuva foi mensurada diariamente durante o período de condução do experimento, com auxílio de um pluviômetro de acrílico instalado na área do cultivo e a 1,50 metros do nível do solo.

5.3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

5.3.1 Híbrido de milho utilizado

Para a implantação do experimento foi utilizado à híbrido de milho (K9660 Pro2), na qual se apresenta com tecnologia resistente ao Glifosato. As características agrônômicas do híbrido encontram descritas na Tabela 1, apresenta um perfil altamente defensivo para a safrinha, ciclo precoce com excelente sincronismo de florescimento, trazendo maior defensividade nos ambientes mais quentes, elevada estabilidade produtiva, boa amplitude de plantio, ótimo enraizamento e boa resistência

de colmo, boa tolerância ao complexo do enfezamento, boa sanidade foliar, boa resposta a tecnologia ampla em todo o Brasil (KWS,2020).

Tabela 1- Características agronômicas do milho

USO	GRÃOS E SILAGEM
Ciclo	Precoce
GDU	825
Altura da planta (cm)	220 -235
Nº de fileiras de grãos	14 a 16
Inserção espiga (cm)	120-140
Arquitetura	Semiereta
Cor do grão	Amarelo Alaranjado
Textura do grão	Semiduro
Peso 1.000 grãos	315 a 340 gramas
Peso Hectolitro	745gramas
Época de plantio	Verão/ safrinha

Fonte: KWS (2020).

5.3.2 Delineamento experimental e tratamentos

No experimento foi utilizado o delineamento em blocos casualizados, com dois tratamentos, com dez repetições cada, totalizando vinte parcelas. As dimensões das parcelas foram de 2 x 10 m, totalizando uma área 20 m² de área por parcela, totalizando 200 m² por tratamento. As unidades experimentais foram formadas de quatro linhas com espaçamento de 0,5m com 10 metros de comprimento, para cada tratamento. A área útil utilizou-se as duas linhas centrais desprezando-se as duas linhas das extremidades para compor a bordadura, totalizando 9 metros de área útil do experimento. Para compor o experimento os tratamentos utilizados foram dispostos em: T1 - (com a aplicação de hidretentor a 10% da adubação); T2 - (testemunha).

5.3.3 Manejo da cultura

O milho híbrido, apresenta resistência ao glifosato para o manejo das plantas invasoras, qual possibilitou a aplicação do dessecante Glifosato na dosagem de 1,5 kg/ha⁻¹, quando à cultura encontrava-se no estágio vegetativo (V7). Na presença de algumas plantas daninhas posterior a aplicação, foi realizada o controle de capina

manualmente. Durante a condução do experimento o controle de pragas deu-se por meio de monitoramento, baseado no sistema de Manejo Integrado de Pragas (MIP).

Conforme a necessidade da cultura durante todo o seu ciclo, foram realizados o controle de ataque dos percevejos (*Dichelops melacanthus*) até o estágio vegetativo (V8), controle de lagarta (*Spodoptera frugiperda*) até (V10) e de *Daubulus maidis* (cigarrinha) até estágio vegetativo V12 (pré pendoamento) da cultura do milho.

Os ensaios foram conduzidos de forma semelhantes, seguindo as boas práticas agrônômicas, sendo necessário a utilização de medidas de controle químico. As aplicações foram realizadas com o uso de um pulverizador de barra de arrasto (Montana ranger 2000 I), dotado de um conjunto de barras de 21 m. Visando manter o controle eficaz de insetos-praga no experimento, foram utilizadas várias aplicações de inseticidas compostos por diferentes combinações dos seguintes inseticidas e aplicações:

Na primeira, utilizou-se a mistura do produto base de Acetato 97%, dose 1,2 kg/hectare) associado com Lambda Cialotrina, dose 30 ml/ha⁻¹ para o controle de percevejos (*Dichelops melacanthus*) e, na segunda aplicação uso de limidacloprido + beta ciflutrina, dose 1l/há⁻¹. Na terceira aplicação para o controle da lagarta (*Spodoptera frugiperda*), foi utilizado Metilcarbamato de oxima, dose 0,6 L/há⁻¹. Devido condições climáticas com a presença de veranico, favoreceu maior presença de insetos - pragas, sendo necessário utilizar de novas aplicações com Acetamiprido + Fenfopatrina, dose 0,5 x bvb 0,5L/ha⁻¹, para o controle da lagarta e cigarrinha (*Spodoptera frugiperda* e *Daubulus maidis*) posteriormente, foi utilizado uma nova aplicação fazendo uso de Acetato 97%, na dose de 1,0 kg/ha⁻¹, para um total controle cigarrinha (*Daubulus maidis*). Quando não foram mais possíveis intervenção devido à altura da planta, as avaliações do experimento eram feitas diariamente, para garantir satisfatoriamente a evolução do experimento.

5.3.4 Condução do experimento

A operação de dessecação da área total do experimento foi realizada para 15 dias antes da semeadura do milho com herbicida Glifosato, na dose de 1,5 Kg/ha⁻¹, sendo que a cultura anterior também era de milho. Os restos de cultura não foram incorporados ao solo, pois a área é de sistema plantio direto. A adubação foi realizada com as seguintes formulações, utilizando para o plantio a formulação 14-14-10 (N- P₂

O₅- K₂ O) totalizando 300 kg/ha⁻¹, de acordo com o manual de adubação e calagem descritos para o Estado do Paraná (SBCS, 2017).

O plantio do experimento foi instalado no dia 29 de setembro de 2020, com a semeadura do milho (K9660 PRO2), nas parcelas em condições satisfatórias de umidade no solo. Utilizando-se plantadeira com sistema de distribuição pneumática, distribuindo a média de 70 mil plantas por hectare, à 3 centímetros de profundidade. Para as parcelas do experimento em que se utilizou polímero hidrorretentor (Hidroterragel 10%), sendo adicionado juntamente ao fertilizante via sulco, com profundidade de 12 cm e, não sendo adicionada água para sua hidratação.

Foram avaliadas as seguintes variáveis: diâmetro do colmo (determinado dois centímetros abaixo do nó de inserção da espiga principal, no momento de estágio vegetativo VT a R1); número de fileiras de grãos por espiga (avaliada de sete espigas por unidade, sendo uma espiga de cada planta); massa mil grãos resultado em gramas (pesagem de 100 grãos por repetição); massa média de grãos por planta (obtido por meio da massa média de sete plantas por unidade experimental); a produtividade foi obtida através da aferição da média por plantas, ajustando para densidade populacional de 70.000 plantas por hectare,

No dia 15 de dezembro de 2020 foi avaliado o diâmetro do colmo (DC), com o uso de um paquímetro digital, medindo aleatoriamente 10 plantas de cada unidade experimental de ambos tratamentos.

Para as demais variáveis como Umidade (U) das amostras estas foram aferidas na empresa Lar por meio de medidor de umidade Gehaka (G939), e o resultado determinado em porcentagem; peso mil grãos (PMS) foi pesando 100 grãos e multiplicando por 10 obtendo o peso de mil grãos; massa média de grãos (MMG) foi realizado a debulha de sete espigas de milho por unidade e posterior realizada a pesagem e os dados expressos em grama (g) e produtividade (PROD), feita a média da massa de grãos e multiplicado pela quantidade de população de plantas por ha⁻¹. A colheita foi realizada no dia 01 de março de 2021, na fase R9 do milho, de forma manual, coletando-se sete espigas de diferentes plantas por unidade experimental contidas na área útil, para cada tratamento, totalizando 140 espigas.

5.4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

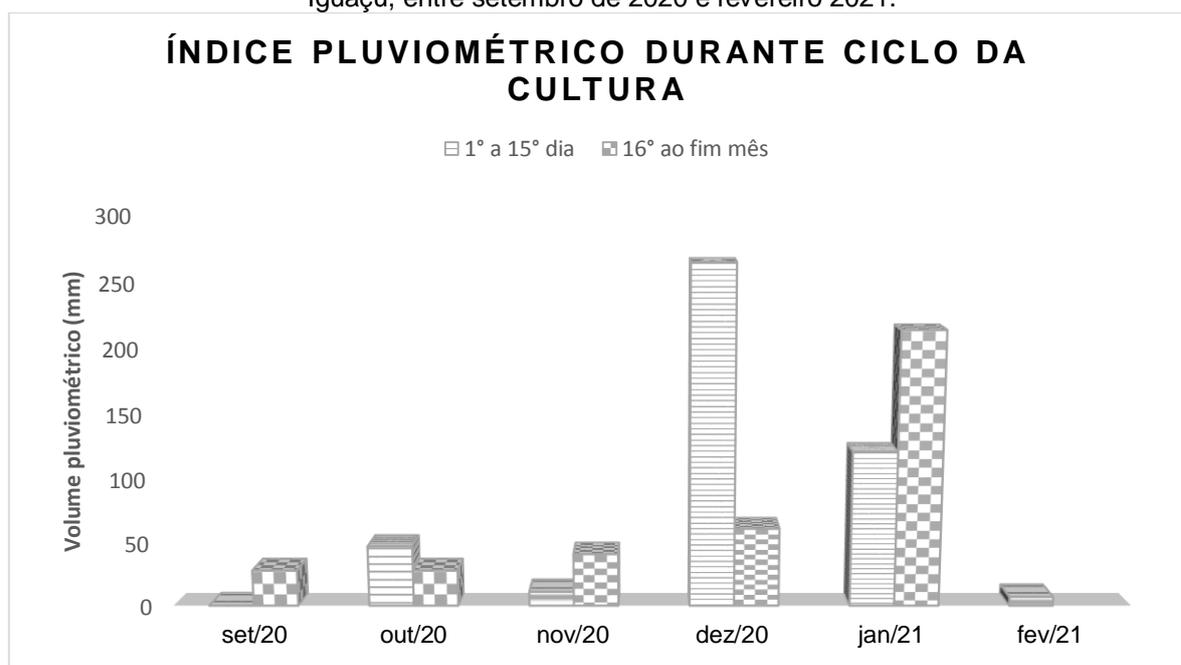
Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância através do sistema SISVAR 5.3, (FERREIRA, 2011). Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância a nível de 5% de significância, para comparação das médias entre os tratamentos.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As condições edafoclimáticas exigidas pela cultura de milho incluem um mínimo de precipitação de 350 a 500 milímetros de precipitação no verão, bem distribuída durante o seu ciclo para que produza satisfatoriamente, sem necessidade de irrigação (FLOSS, 2011).

Ao analisar as precipitações pluviométricas acumuladas durante o desenvolvimento do experimento, conforme demonstrado na Figura 1, fica evidente que as condições estavam favoráveis para a semeadura. Todavia, somente quinze dias após o plantio foi registrado índices pluviométricos, uniformizando assim a germinação e o desenvolvimento inicial das plantas. O período que decorreu após a semeadura entre os meses de setembro até meados da primeira quinzena de novembro de 2020, a precipitação acumulada foi de 130 mm. Nesse período, houve baixa umidade no solo favorecendo ao déficit hídrico para a cultura. Considerando que, a função do polímero no solo quando ocorreu o período de deficiência hídrica com a diminuição das precipitações e ocasionando certa perda por evaporação, automaticamente se deduz que, onde continha hidroretentor nas parcelas, houve maior retenção de água e a manutenção da umidade no solo em um período mais longo.

Figura 1- Precipitação média acumulada da área do experimento localizado em São Miguel do Iguçu, entre setembro de 2020 e fevereiro 2021.



Fonte: Autor, 2020

Porém, já a quantidade e distribuição considerável de chuvas foi observada a partir da segunda quinzena de novembro de 2020, tendo uma variação sazonal extrema na precipitação, acumulando entre os meses de dezembro/2020 e janeiro/2021 a quantidade de 661mm, sendo este volume considerável alto, neste caso, para a condução do experimento e obtenção de melhores resultados já, que o efeito do polímero está diretamente a manutenção da umidade para a planta. Ainda assim, quando a cultura já se encontrava na fase R9, aguardando a secar e colher o experimento, houve diminuição da precipitação, sendo registrado apenas 7 mm para o mês de fevereiro, conforme indicado na Figura 1.

De acordo com Floss (2011), alguns híbridos de milho a quantidade de água utilizada pelo milho variam de 410 a 640 mm, porém, existindo alguns genótipos que exigem quantidades de até 300 mm e alguns, acima de 840 mm, todavia, as maiores exigências de água para a cultura, concentra-se na fase de emergência, florescimento e formação de grão, características estas, importantes para o rendimento da cultura (FANCELLI e DOURADO - NETO, 2000).

Para a avaliação do diâmetro do colmo (DC), conforme apresentado na Tabela 2, observa-se que não houve diferença significativa ao ser aplicado o polímero hidroretentor (10%) em relação a testemunha.

Vale *et al.* (2006), avaliando o efeito do polímero na cova do cafeeiro e Santana *et al.* (2007), aplicaram o polímero superabsorvente (PSA) no sulco de plantio de braquiária, relataram em suas pesquisas que, pela razão da interferência da chuva nas suas avaliações, não conseguiram comprovar a eficiência dos PSA.

Pesquisas feita por Barros (2016), ao avaliar o desenvolvimento de sementes de sorgo quando comparado o uso dos polímeros PSA no sulco de plantio e a testemunha, observou-se que não houve diferença entre os tratamentos para qualquer das variáveis filotécnicas avaliadas.

No decorrer da avaliação do trabalho foi observado que durante o desenvolvimento inicial da cultura, embora que os índices pluviométricos registrados foram irregulares, com períodos de perda de umidade e stress hídrico, não resultaram em diferenças estatisticamente significativas a ponto de interferir no desenvolvimento vegetativo e na estrutura da planta, sendo observado que as parcelas da testemunha o enrolamento e murchamento das folhas se manifestaram dias antes em comparação as que continha o hidroretentor, fato este ser um indicativo do efeito do polímero na fase inicial durante o stress hídrico.

Em pesquisa realizado por Lopes *et al.* (2010), avaliando a presença de sintomas de déficit hídrico em mudas clonais de *Eucalyptus urograndis* submetidas a manejos de irrigação com a presença e ausência de hidrogel, observaram que aquelas mudas que receberam o polímero os sintomas de estres hídrico apareceram 6,5 dias após daquelas que não receberam o polímero.

Prevedello Loyola (2007), afirmam que a adição de polímeros higroscópicos aumenta progressivamente a umidade do solo, chegando a duplicar a capacidade de armazenamento da água.

Não se observou diferença significativa para número de fileiras por espigas (NFE), entre o uso de hidroretentor (10%) em comparação com a testemunha, conforme demonstrado pela Tabela 2.

Tabela 2 - Diâmetro de colmo (DC), número de fileiras por espigas (NFE), peso mil grãos (PMG), umidade (U), massa média por plantas (MMP) e a produtividade (PROD) de milho (K9660 Pro2) com e sem hidroretentor

Tratamentos	DC (cm)	NFE	PMG (%)	U (%)	MMP (g)	PROD (Kg ha ⁻¹)
Com	14,672 a	16,629 a	332,00a	15,99 a	168,254 a	11.777,78a
Sem	14,709 a	16,286 a	321,00 b	15,60 a	154,783b	10.834,81b
CV (%)	2,24	3,56	2,38	3,00	6,92	6,92

Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas não diferem significativamente entre si, pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade de erro.

De acordo com Olivoto *et al.* (2018), os estádios fenológicos compreendidos entre V4 (quatro folhas expandidas) e V9 (nove folhas expandidas), expressam grande importância para a cultura, pois nesse período são definidos os componentes de rendimento quando o número potencial de grãos é determinado. É no estágio V8 em que o número de fileiras de grãos é definido. Durante este estágio constata-se a máxima tolerância ao excesso de chuvas (MAGALHÃES; DURÃES, 2006). Porém, o que não ocorreu nesta pesquisa, pois os períodos com volume maior e prolongados de chuva, foram após setenta dias da implantação do experimento.

Taiz e Zeiger (2013), relatam que a água é um dos principais elementos essenciais no desenvolvimento das plantas e uma diminuição, mesmo que pequena na disponibilidade hídrica do solo pode vir a trazer danos drásticos ao seu

metabolismo. É durante o período vegetativo, o déficit hídrico reduz o crescimento do milho, em função de decréscimos da área foliar e da biomassa (FREITAS, 2020).

Desta forma, é importante mencionar que o tipo de híbrido, época de plantio, condições ambientais, destacando-se práticas culturais são fatores determinantes para uma boa formação do potencial de rendimento de grãos. FORSTHOFER *et al.*, (2006); NASCIMENTO *et al.* (2011), ressaltam que o potencial de rendimento de grãos de milho, dependerá principalmente da quantidade de radiação solar incidente, da eficiência de interceptação e da conversão da radiação interceptada em fitomassa, e da eficiência de partição de assimilados à estrutura de interesse econômico.

Floss (2011), explica que o excesso de água no solo é um fator de redução no crescimento e rendimento da cultura, principalmente, no período da floração pode reduzir a polinização, pois o grão do pólen (desidratado) é principalmente transportado pelo vento e, quando hidratado, esse transporte é ineficiente.

Quanto ao efeito do hidretentor, possivelmente contribuiu para a manutenção da planta, fornecendo subsidio e não comprometendo a produtividade final, já que seu possível benefício seria justamente quando os solos estariam sob condições de menor umidade, como demonstrado nesta pesquisa na fase inicial da cultura. Desta forma, considerando que nos meses dezembro e janeiro os índices pluviométricos registrados foram altos e prolongados, a grande disponibilidade de água nessa fase, provavelmente o efeito do hidrogel foi nulo, não influenciando para o desenvolvimento da planta.

Araujo *et al.* (2009), os quais constataram que o hidretentor, não consegue manter a umidade em níveis elevados para proporcionar um bom desenvolvimento à parte aérea das plantas nos intervalos de irrigação de 14 e de 21 dias. Desta forma, observa-se que o efeito do hidrogel para a manutenção da umidade do solo, está relacionado com o tempo em que ocorre o molhamento, sendo por chuvas quando a condução é realizada em campo, como no caso deste trabalho, ou quando for desenvolvido em sistema de estufa.

Em relação aos valores de umidade (U) na Tabela 2, observa-se que não foi significativo entre si, (T1) aplicação de hidretentor (10%) e (T2) testemunha. Considera-se a determinação do teor de umidade, um parâmetro de fundamental importância para manutenção da qualidade dos grãos durante as etapas de pós colheita e, é um procedimento fundamental, tanto na hora da colheita como para o armazenamento de grãos. Para Magalhães Souza (2011), valores de umidade

considerados ideal para colheita e armazenados deveria estar de 13 a 15%. Entretanto, a colheita pode anteceder quando a umidade se encontra na faixa de 18 a 25%, desde que seja posteriormente submetido a uma secagem artificial antes de ser armazenado.

Para a característica peso mil grãos (PMG), Tabela 2, observa diferença significativa entre os tratamentos, onde com uso de polímero hidrorretentor (10%) o resultado foi superior, obtendo 332,0 gramas em comparação com a testemunha sendo de 321,0 gramas. De um modo geral, mesmo com a variabilidade climática durante a condução do experimento, com excesso de chuva ocasionada no momento de polinização e formação do grão, não influenciou negativamente a cultura do milho, porém pode sim, ter diminuído a resposta do hidrogel em resultados mais expressivos.

De acordo com Embrapa (2015), a cultura do milho pode sofrer reduções na produção de grãos quando há déficit hídrico no período crítico do ciclo da cultura, que ocorre desde o pendoamento até o início de enchimento de grãos. Deste modo, observa-se que o efeito do hidrogel para esta variável indicou respostas significativa, durante os primeiros estádios fenológicos da cultura e os aumentos significativos de precipitação também não interferiram nos resultados.

Ao avaliar a massa média de espiga por plantas (MMP) conforme Tabela 2, observou-se diferenças significativas com aplicação do hidrorretentor (10%) em comparação com a testemunha sem o polímero. O efeito da falta de água, associado à produção de grãos, é particularmente importante em três estádios de desenvolvimento da planta. De acordo com Cruz *et al.* (2011), o desenvolvimento do milho é restrito pela disponibilidade hídrica, fotoperíodo e temperatura, para que o seu potencial genético de produção, consiga expressar maior rendimento.

A massa de grãos por espiga apresenta-se como um dos principais componentes de rendimento do milho, juntamente com o número de espigas por unidade de área e a massa de mil grãos (BERGAMASCHI *et al.* 2006).

Para Floss (2011), o rendimento depende do número de grãos polinizados e desenvolvidos e da quantidade de fotoassimilados disponíveis. Em relação ao número de grãos, é variável dentro e entre cultivares, sendo controlado por fatores ambientais

Na Tabela 2, constata-se a resposta para produtividade (PROD) e o resultado obtido demonstra diferença superior com adição do hidrorretentor em relação a testemunha. Acredita-se que durante os baixos índices de chuva o efeito do hidrogel

via sulco, contribuiu para a formação do potencial produtivo, e que, a possibilidade da desigualdade nas condições pluviométricas contribuiu para esta diferença.

De acordo com Cruz *et al.* (2011), na fase V3 três folhas completamente desenvolvidas, ao V5 onde tem-se a iniciação floral e desenvolvimento da inflorescência, é fator determinante para o potencial produtivo da cultura ser comprometido, principalmente, no caso de estresse hídrico.

De acordo com Oliveira *et al.* (2020), quedas na produtividade do milho ocorrem por influência das condições climáticas, potencial genético de híbridos da cultura, manejo nutricional, além de influenciarem diretamente na incidência de pragas e doenças, tendo as maiores perdas quando estes fatores agem no período crítico de desenvolvimento da cultura de milho (MALDANER *et al.* 2014). Porém, dentre esses fatores, a influência do clima na produtividade desta cultura é o que se tem o menor poder de controle (SCHAUBERGER *et al.*, 2017).

Vian *et al.* (2016), destacam em sua pesquisa, que a produtividade de grãos apresenta elevada variabilidade espacial e temporal e, é condicionada por aspectos relacionados ao estabelecimento e desenvolvimento da cultura. No entanto, Kraisig *et al.* (2018) afirmam em seus estudos, que o uso das maiores doses (60 e 120 kg ha⁻¹) do polímero hidroabsorventes utilizados em sucessão soja/aveia, geraram maiores produtividades de grãos.

Bergamaschi *et al.* (2004), observaram elevada limitação da produtividade de milho em condições não irrigadas, onde a produtividade se manteve abaixo de 2.000 kg ha⁻¹, já ao dispor de água obtiveram produtividade média de 10.000 kg ha⁻¹, ou seja, houve um aumento na produtividade em cinco vezes ao irrigar a cultura.

Trabalho conduzido por Dorraji; Golchin; Ahmadi (2010), com a utilização de diferentes doses de polímero hidroabsorvente, em solos de diferentes texturas, proporcionou um aumento na água disponível para todas as plantas em todos os tratamentos, de modo que, plantas de milho submetidas a um turno de rega de cinco dias, não alcançaram o ponto de stress hídrico, demonstrando assim, a capacidade do polímero absorvente em armazenar água no solo por períodos maiores que solos sem o tratamento.

Tohidi-Moghadam *et al.* (2009), avaliando a utilização de hidrogel na atenuação de estresse hídrico a diferentes genótipos de canola (*Brassica napus* L), relatam em seu estudo, que o hidrogel contribuiu para o incremento de características agrônomicas e fisiológicas das plantas, concluindo que a utilização do hidrotentor

possibilita uma maior disponibilização de água favorecendo a fotossíntese e o aumento dos níveis de clorofila.

Para Mendonça *et al.* (2013), os polímeros hidroretentores podem ser interessantes, atuando como reguladores na disponibilidade de água para as culturas, aumentando a produtividade e minimizando os custos de produção.

Os fatores ambientais envolvidos para a eficiência no desempenho da cultura são considerados importantes desde o plantio até a produção final. Entretanto, o sucesso ou o fracasso de aplicação dos polímeros hidroretentores para esta cultura, principalmente em condições climáticas adversas, vai determinar o quanto estes polímeros são eficazes e auxilia nos ganhos de rentabilidade na cultura do milho.

Trabalhos associando a utilização de polímeros hidroretentores na cultura de milho são escassos de literatura, principalmente em pesquisas direcionadas ao desenvolvimento em sistema de plantio direto à campo. Este estudo trouxe informações importantes que poderão nortear outros trabalhos com hidroretentores na cultura do milho. Sugere neste caso, trabalhos futuros comparando o uso de polímeros, por meio de experimentos em sistema de estufa, local aberto, via sulco e com alterações de doses.

7 CONCLUSÃO

A aplicação de polímero hidroretentor (10%) contribuiu para o peso de mil grãos, massa média por espigas e conseqüentemente a produtividade da cultura do milho, demonstrando eficiência em seu uso.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os efeitos das altas precipitações pluviométricas podem ter contribuído para a obtenção de melhores resultados, desta forma, sugere-se trabalhos de comparabilidade no desenvolvimento de pesquisa em diferentes ambientes (estufas e a campo), bem como testes de diferentes concentrações de polímeros.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M.L.; SANGOI, L.; NAVA, I.C.; GALIO, J.; TRENTIN, P.S.; RAMPAZZO, C. Crescimento inicial de milho e sua relação com o rendimento de grãos. **Ciência Rural**, v.33, n.2, p.189-194, 2003.
- ARAUJO, G. L., MORAES, W. B., CAMARA, G. R., CAZOTI, M. M., NAZARIO, A. A., & DOS REIS, E. F. Avaliação da matéria fresca da parte aérea do cafeeiro conilon robusta tropical submetido a diferentes doses de um hidrotentor e diferentes intervalos de irrigação, em seu desenvolvimento inicial. **Anais**. XIII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e IX Encontro Latino Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba. 2009.
- ARTUZO, F. D. **Análise da eficiência técnica e econômica da agricultura de precisão a taxa variável de fertilizantes na cultura da soja no RS**. 2015.113 f. Dissertação de (Mestrado) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Centro de Estudos e Pesquisas em Agronegócios, Porto Alegre. RS. 2015.
- ARTUZO, F. D.; FOGUESATTO, C. R.; MACHADO, J. A. D.; DE OLIVEIRA, L.; DE SOUZA, Â. R. O potencial produtivo brasileiro: uma análise histórica da produção de milho. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 12, n. 2, p. 515-540, 2019.
- AZAMBUJA, L.O.; BENETT, C.G.S.; BENETT, K.S.S.; COSTA, E. Produtividade da abobrinha ‘Caserta’ em função do nitrogênio e gel hidrorretentor. **Científica, Jaboticabal**, v.43, n.4, p.353-358, 2015.
- AZEVEDO, T.L.F. **Avaliação da eficiência do polímero agrícola de poliácridamida no fornecimento de água para o cafeeiro (Coffea arabica L) cv. Tupi**. 2000. 38p. Dissertação (Mestrado) Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2000.
- AZEVEDO, T.L.F.; BERTONHA, A.; GONÇALVES, A.C.A. Uso de hidrogel na agricultura. **Revista do Programa de Ciências Agro-Ambientais**, v.1, n.1, p.23-31, 2002.
- BALENA, S. P. **Efeito de polímeros hidrotentores nas propriedades físicas e hidráulicas de dois meios porosos**. 1998. 57p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR. 1998.
- BARROS, A. F. 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**, v.39, p.831-839, 2004.
- BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G.A.; COMIRAN, F.; BERGONCI, J.I.; MULLER, A.G.; FRANÇA, S.; SANTOS, A.O.; RADIN, B.; BIANCHI, C.A.M.; PEREIRA, P.G.

Déficit hídrico e produtividade na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 2, p. 243-249, 2006.

BERGONCI, J. I.; BERGAMASCHI, H.; SANTOS, A. O.; FRANÇA, S.; & RADIN, B. Eficiência da irrigação em rendimento de grãos e matéria seca de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, p.949-956, 2001.

BERNARDI, M.R.; SPEROTTO JUNIOR, M.; DANIEL, O.; VITORINO, A.C.T. Crescimento de mudas de *Corymbia citriodora* em função do uso de hidrogel e adubação. **Cerne**, Lavras: v.18, n.1, p.67-74, 2012.

BOGARIM, E. P. de A. **Uso do hidrogel em plantas nativas, visando aplicação em áreas degradadas**. 2014. 48 f. 2014. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) – Universidade Federal da Grande Dourados. Dourados. 2014.

CARVALHO, R.P.; CRUZ, M.C.M.; MARTINS, L.M. Frequência de irrigação utilizando polímero hidroabsorvente na produção de mudas de maracujazeiro-amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.35, n.2, p.518-526, 2013.

CAVALCANTE, A. C. R.; CAVALLINI, M. C.; LIMA, N. R. C. B. **Estresse por déficit hídrico em plantas forrageiras**. Sobral: Embrapa Caprinos e Ovinos, 2009. 50 p. (Embrapa Caprinos e Ovinos. Documentos, 89).

CAVIGLIONE, J. H., KIIHL, L. R. B., CARAMORI, P. H., & OLIVEIRA, D. **Cartas climáticas do Estado do Paraná**. Londrina: IAPAR, 2000.

COELHO, J.B. M; BARROS, M.F.C.; CORREA, M.M; WANDERLEY, R. A; COELHO JÚNIOR, J.M.; FIGUEREDO, J.L.C. Efeito do polímero hidratassolo sobre propriedades físico-hídricas de três solos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.3, n.3, p.253-259, 2008.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO- CONAB - **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos: V. 6 - SAFRA 2018/19- Sétimo levantamento** Abr. 2019. 2019.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB - **Boletim da safra de grãos. V. 7 - SAFRA 2019/20 - N. 7 - Sétimo levantamento-** Abril. 2020.

CONTE A.M.; MAIA, G.M.; SOUZA, J.A. de; MANFIO, F.L.A. Crescimento inicial de cafeeiro com uso de polímero hidroabsorvente e diferentes intervalos de rega. **Coffee Science**, Lavras, v.9, n.4, p.465-471, 2014.

CRUZ, J. C., PEREIRA FILHO, I. A., ALVARENGA, R. C., GONTIJO NETO, M. M., VIANA, J. H. M., de OLIVEIRA, M. F., & SANTANA, D. P. Manejo da cultura do milho. Embrapa Milho e Sorgo-**Circular Técnica (INFOTECA-E)**. 2006.

CRUZ, J.C.; VIANA, J.H.M.; ALVARENGA, R. C.; PEREIRA FILHO, I.A.P.; SANTANA, D.P. PEREIRA, F.T.F.; HERNANI, L.C. Cultivo do Milho. 7. ed. Sete Lagoas: **Embrapa Milho e Sorgo**, (Sistema de Produção, 1), 2011.

CRUZ, J. C., MAGALHÃES, P. C., PEREIRA FILHO, I. A., & MOREIRA, J. A. A. Milho: o produtor pergunta, a Embrapa responde. **Área de Informação da Sede-Col Criar Plantar ABC 500P/500R Saber (INFOTECA-E)**, 2013.

CRUZ, L. T.; FERRARI, J. V.; OLIVEIRA MATOSO, A. de. Qualidade e composição bromatológica do milho em diferentes épocas de corte¹. *Revista do Agronegócio – Reagro*, Jales, v. 5, n. esp., p. 67 – 75, dez. 2016.

DORRAJI, S. S.; GOLCHIN, A.; AHMADI, S. The effects of hydrophilic polymer and soil salinity on corn growth in sandy and loamy soils. **Clean–Soil, Air, Water**, v. 38, n. 7, p. 584- 591, 2010.

DUSI, Danusa Mezzadri. Efeito da adição do polímero hidroretentor na eficiência da adubação nitrogenada no crescimento de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk, em dois diferentes substratos. **Curitiba: Universidade Federal do Paraná**, 2005.

DUARTE, J. de O.; GARCIA, J. C.; MIRANDA, R. A. Cultivo do Milho. EMBRAPA, 2008. **Sistemas de Produção**, 2 Versão Eletrônica - 4ª edição Set. 2008.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. Ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - **Sistemas de Produção**. Cultivo do milho. 2015.

EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Cultivo do milho - Ecofisiologia**. 2015. Disponível em: https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistema_sdeproducao16_1ga1ceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&p_r_p_-76293187_sistemaProducaoId=7905&p_r_p_-996514994_topicId=8662. Acesso em: 23 marc. 2021.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Visão 2030**: o futuro da agricultura brasileira. Brasília-DF: Embrapa, 2018. 212p.

FANCELLI, A. L.; DOURADO-NETO, D. **Ecofisiologia e fenologia**. Produção de milho. Porto Alegre: Agropecuária, 2000. 360p.

FANCELLI, A. L. **O sistema de plantio direto**. Curso de Especialização à Distância: Tecnologia da produção de milho. Piracicaba/SP, 2002.

FANCELLI, A. L. Cultivo Racional e Sustentável requer maior conhecimento sobre a planta do milho. **Revista Visão agrícola. ESALQ, São Paulo**, p. 20, 2015.

FANCELLI, A.L. Produtividade. As equações das altas produções. **Revista A Granja**. Ed. 829. 2018.

FERNANDES, A. C O. **Hidrogel e retenção de água em dois solos cultivados com feijão-caupi e girassol**. 2016. 53 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.

FERREIRA, D. F. Sisvar: um sistema computacional de análise estatística. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FORSTHOFER, E. L., SILVA, P. R. F. D., STRIEDER, M. L., MINETTO, T., RAMBO, L., ARGENTA, G., ... & SILVA, A. A. D. Desempenho agrônômico e econômico do milho em diferentes níveis de manejo e épocas de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 3, p. 399-407, 2006.

FORNASIERI, F. Domingos. **Manual da Cultura do Milho**. Jaboticabal: Funep, 2007.

FLOSS, E. L. **Fisiologia das plantas cultivadas**: o estudo que está por trás do que se vê. 5 Ed. Passo Fundo: UFPF, 2011. 734p.

FREITAS, J. J. R. de. **Simulação da necessidade hídrica e planejamento da irrigação para o milho na Chapada do Apodi**. 2020.105f. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Mossoró, 2020.

GARCIA, P.H. de M. **Valor nutricional da silagem de genótipos de milho e sorgo cultivados em duas densidades de semeadura**. 2018.43f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Bacharelado em Zootecnia) - Centro de Ciência Agrárias, Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2018.

GERVÁSIO, E. S; FRIZZONE, J A. Caracterização físico-hídrica de um condicionador de solo e seus efeitos quando misturado a um substrato orgânico. **Irriga**, v. 9, n. 2, p. 94-105, 2004.

GOMIDE, R. L.; ALBUQUERQUE, P. E. P. de. Agrometeorologia e otimização do uso da água na irrigação. **Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2008.

GROSSI, M. C.; SILVA, R. F.; ANDRADE, C. L. T.; JUSTINO, F. Influência da radiação solar e da temperatura do ar na produtividade potencial simulada do milho (*Zea mays*) em Sete Lagoas, MG. Trabalho apresentado nº 17. **Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**. Guarapari-ES, 2011.

JALEEL, C.A.; MANIVANNAN, P. WAHID, A. FAROOQ, M.; AL-JUBURI, H.J.; SOMASUNDARAM, R.; PANNEERSELVAM, R. Drought stress in plants: a review on morphological characteristics and pigments composition. **International Journal of Agricultural Biology**, Faisalabad, V. 11, p. 100-105, 2009.

JORGE, M. H. A., DE CASTRO, R. A., DA SILVA, M. J., DOS SANTOS BUTRUILLE, N. M., & DE OLIVEIRA, C. R. Uso de hidrogel nanocompósito na produção de mudas de tomate e pimentão. **Embrapa Hortaliças-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2019.

JÚNIOR, J. G. L., PAIVA, E. C., DA CUNHA, W., SIQUEIRA, A. F. S. S., & THÁLIA, L. Determinação da Curva de Umidade do Grão de Milho Por Medida de Capacitância.

2021. **Anais.** Disponível em: http://eventos.abrapos.org.br/anais/paperfile/910_20181103_03-10-21_902.pdf. Acesso em: 24 mar.2021.

KRAISIG, A. R., SCREMIN, O. B., MANTAI, R. D., MAROLLI, A., DE MAMANN, A. T. W., BREZOLIN, A. P., ... & DA SILVA, J. A. G. 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.

KWS- **Milho** - Semente de Milho Híbrido. 2021. Disponível em: <https://www.kws.com/br/pt/produtos/milho/>. Acesso em: 4 mar. 2021.

LANDAU, E.C.; SANS, L.M.A.; SANTANA, D.P. **Clima e solo**. In CRUZ, J.C. (Ed.). Cultivo do Milho. Ed. 5. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. Sistemas de Produção. 2009.

LOPES, J. L. W.; SILVA, M. R.; SAAD, J. C. C.; ANGÉLICO, T. S. Uso de hidrogel na sobrevivência de mudas de *Eucalyptus urograndis* produzidas com diferentes substratos e manejos hídricos. **Ciência Florestal**, v. 20, n. 2, p. 217-224, 2010.

LOPES, M. B. S. **Hidrogéis como alternativa no aumento da capacidade de retenção de água no solo para cultura da soja e do feijão Caupi**. 2016.66f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Tocantins, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Gurupi, 2016.

MAGALHÃES, P.C.; DURÃES, F.O.M. **Fisiologia da produção de milho**. Sete Lagoas: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2006. 10p. (Circular Técnica, 76). 2006.

MAGALHÃES, P. C.; SOUZA, TC de; RODRIGUES, J. A. **Cultivo do Milho**. Sistema de Produção. 2011.

MALDANER, L. J., HORING, K., SCHNEIDER, J. F., FRIGO, J. P., AZEVEDO, K. D., & GRZESIUCK, A. E Exigências agroclimáticas da cultura do milho (*Zea mays*). **Revista Brasileira de Energia Renováveis**, v. 3, p. 13-23, 2014.

MARTINS, J.D.; CARLESSO, R. KNIES, A.E.; OLIVEIRA, Z.B.; BROETTO, T.; RODRIGUES, G.J. Potencial hídrico foliar em milho submetido ao déficit hídrico. **Irriga**, Botucatu, v. 15, n3, p. 324-334, jul. / set. 2010.

MENDONÇA, T. G., URBANO, V. R., PERES, J. G., & SOUZA, C. F. Hidrogel como alternativa no aumento da capacidade de armazenamento de água no solo. **Water Resources and Irrigation Management-WRIM**, v. 2, n. 2, p. 87-92, 2013.

MEWS, C. L.; SOUSA, J. R. L.; AZEVEDO, G. T. O. S.; SOUZA, A. M. Efeito do hidrogel e ureia na produção de mudas de *Handroanthus ochraceus* (Cham.) Mattos. **Floresta e Ambiente**, v.22, n.1, p.107-116. 2015.

MIRANDA, R. A de.; DURÃES, F. O. M., GARCIA, J. C., PARENTONI, S., SANTANA, D. P., PURCINO, A., & ALVES, E. D. A. **Super safra de milho e o papel da**

tecnologia no aumento da produção. Área de Informação da Sede-Artigo em periódico indexado (ALICE), 2019.

MOTTA, A. L. P.; MAXIMIANO, C. V. O uso do hidrogel no cultivo de hortaliças. **Anais do 15º Simpósio de TCC e 8º Seminário de IC do Centro universitário ICESP**, v.15, p.68-77, 2019.

NAVROSKI, M. C. **Hidrogel como condicionador de substrato para produção de mudas de *Eucalyptus dunnii* Maiden.** 2013. 224f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.

NAVROSKI, M.; ARAUJO, M.M.; REINIGER, L.R.S.; MUNIZ, M.F.B.; PEREIRA, O.M. de Influência do hidrogel no crescimento e no teor de nutrientes das mudas de *Eucalyptus dunnii*. **Floresta**, Curitiba, v.45, n.2, p.315-328, 2015.

NASCIMENTO, F M.; BICUDO, S. J.; RODRIGUES, J. G. L.; FURTADO, M. B.; SÉRGIO CAMPOS, S. Produtividade de genótipos de milho em resposta à época de semeadura. **Revista Ceres**. v.58, n.2. p. 193-201. 2011.

NASCIMENTO NETO, E. C. do. **Morfofisiologia de mamoeiro sob frequência de irrigação com água salina, em substrato com hidrogel.** 2017. 81p. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba, UFPB/CCA Areia-PB, 2017.

NASCIMENTO, S. M. do.; AGUIAR, E. M. de.; COSTA LIMA G. F. da.; NOVAES L. P.; COSTA, P. R da. Aspectos gerais da palma forrageira e alternativas de manejo: uma associação do hidrogel agrícola e da adubação foliar. **Nutritime**. Revista Eletrônica. Vol. 17, Nº 02, mar/abr. 2020.

OLIVOTO, T., CARVALHO, I. R., NARDINO, M., FERRARI, M., DE PELEGRIN, A. J., SZARESKI, V. J., ... & DE SOUZA, V. Q Caracteres morfológicos e rendimento de grãos de híbridos simples de milho em diferentes ambientes. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 17, n. 4, p. 462-471, 2018.

OLIVEIRA, A. L. E.de.; TORSONI, G. B.; MESQUITA, D. Z.; & DE MENESES, K. C. Modelagem da produtividade do milho safrinha em função das condições climáticas do Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 26, 2020.

PALUDO, A. **GOOGLE Earth engine para mapeamento de culturas agrícolas no Paraná.** 2019. 75 f. Dissertação (Mestrado), Universidade Oeste do Paraná. Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Programa de Pós-Graduação de Engenharia Agrícola Cascavel. Cascavel, PR, 2019.

PREVEDELLO, C. L; LOYOLA, J. M. T. Efeito de polímeros hidroretentores na infiltração da água no solo. **Scientia Agraria**, v. 8, n. 3, p. 313-317, 2007.

PINTO, L. E. V. **Energia da biomassa de cana-de-açúcar sob influência de hidrogel e cobertura vegetal em dois sistemas de plantio.** 2011. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade do Oeste Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias. Presidente Prudente, SP, 2011.

PINTO, L. E.; SANTANA, M. R.; GODINHO, A. M. Utilização do hidrogel na produção de mudas de pimenta Jalapeño. In: **Colloquium Agrariae**. p. 66-72. 2015.

QUEIROZ, T. N., VALIGUZSKI, A. L., DOS SANTOS BRAGA, C., SOUZA, S. A. M., & DA ROCHA, A. M. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de variedades tradicionais de milho. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 17, n. 1, 2019.

ROSSI, E. S. **Características bromatológicas e digestibilidade de híbridos de milho com diferentes texturas de grãos**. 2014. 78 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal. Guarapuava, 2014.

RESENDE, T. B. **Polímero hidrorretentor em cafeeiros jovens cultivados em diferentes níveis de irrigação**. 2016. 58 p. Dissertação (Mestrado), Produção Vegetal, Universidade Federal de Lavras. Lavras, MG. 2016.

SABADINI, R. C. **Redes poliméricas de macromoléculas naturais como hidrogéis superabsorventes**. 2015. 150p. Tese de (Doutorado). Instituto de Química, Universidade de São Paulo. 2015.

SANTANA, B. H.; MARTINEZ, A. P.; EMESTICA, O. A. S.; REYES, G. G. Efecto del PSA sobre el rendimiento de semilla entre cultivares de *Brachiaria spp* enelvalle de Iguala, México. **REDVET**. Revista electrónica de Veterinaria v. 9, p.1-10, 2007.

SANTOS, H. T. D.; CARVALHO, D. F. D.; SOUZA, C. F.; & MEDICI, L. O. Cultivo de alface em solos com hidrogel utilizando irrigação automatizada. **Engenharia Agrícola**, v. 35, n. 5, p. 852-862, 2015.

SILVA, M. de A.; SILVA, J. A. G.da; ENCISO, J.; SHARMA, V.; JIFON, J. Yield components as indicators of drought tolerance of sugarcane. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 65, n. 6, p. 620-627, 2008.

SILVA, M. R. R.; VANZELA, L. S.; VAZQUEZ, G. H. & SANCHES, A. C. Influência da irrigação e cobertura morta do solo sobre as características agrônômicas e produtividade de milho. **Irriga**, Botucatu, Edição Especial, 170-180, 2012.

SILVA, F. S. da. **Acompanhamento da produção de sementes básicas de milho na Monsanto do Brasil**. 2015. Relatório (Estágio) apresentado ao curso de Graduação em Agronomia, do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis SC. 2015.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Núcleo Estadual Paraná. **Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná**. – Curitiba: SBCS/NEPAR, 2017. 482p.: il.

SCHIEBELBEIN, L. M. **Atributos físicos do solo e cobertura de inverno sobre a disponibilidade de água e os componentes de rendimento do milho**. 2017. 235f. Tese (Doutorado em Agronomia), Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, PR. 2017.

SCHAUBERGER, B.; ARCHONTOULIS, S.; ARNETH, A.; BALKOVIC, J.; CIAIS, P.; DERYNG, D.; ELLIOTT, J.; FOLBERTH, C.; KHABAROV, N.; MÜLLER, C.; PUGH, T. A.; ROLINSKI, S.; SCHAPHOFF, S.; SCHMID, E.; WANG, X.; SCHLENKER, W.; FRIELER, K. Consistent negative response of US crops to high temperatures in observations and crop models. **Nature Communications**, v. 8, p. 13931, 2017.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5ª Ed. Porto Alegre: Artmed, 918 p, 2013.

TEIXEIRA, T. S. **Projeção de demanda do milho no Território Cantuquiriguaçu para o período de 2015 a 2022**. 2017. Trabalho de (Graduação) - Universidade Federal da Fronteira Sul- Curso de Ciências Econômicas, Laranjeiras do Sul, PR, 2017.

TOHIDI-MOGHADAM, H. R.; SHIRANI-RAD, A. H.; NOUR-MOHAMMADI, G.; HABIBI, D.; MODARRES-SANAVY, S. A. M.; MASHHADI-AKBAR-BOOJAR, M.; DOLATABADIAN, A. Response of six oilseed rape genotypes to water stress and hydrogel application. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 39, n. 3, 2009.

VALE, G. F. R.; CARVALHO, S.P.; PAIVA, L. C. Avaliação da eficiência de polímeros hidroretentores no desenvolvimento do cafeeiro em pós-plantio. **Coffee Science**, v. 1, p.7-13, 2006.

VASCONCELOS, Y. **Combate à terra seca**. Pesquisa FAPESP, p.248. 2016.

VENTUROLI, F.; VENTUROLI, S. Recuperação Florestal em uma área degradada pela exploração de areia no Distrito Federal. **Ateliê Geográfico**. V.5, p.183-195, 2011.

VERVLOET FILHO, R H. **Utilização de hidrorretentor em substrato semi-saturado na produção de mudas de eucalipto**. 2011. 91 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre ES. 2011.

VIANA, G. Aumento da Produtividade de Milho depende da profissionalização do setor produtivo. **Jornal Eletrônico da Embrapa Milho e Sorgo** – Embrapa, Sete Lagoas, MG., 2011.

VIAN, A. L.; SANTI, A. L.; AMADO, T. J. C.; CHERUBIN, M. R.; SIMON, D. H.; DAMIAN, J. M.; BREDEMEIER, C. Variabilidade espacial da produtividade de milho irrigado e sua correlação com variáveis explicativas de planta. **Ciência Rural**, v. 46, n. 3, p. 464-471, 2016.

WU, Y.; HUANG, M.; WARRINGTON, D.N. Growth and transpiration of aize and winter wheat in response to water deficits in pots and plots. **Environmental and Experimental Botany**, Paris, v. 71, n. 1, p. 65–71, 2011.

ZONTA, H. J.; BRAUN, H.; REIS, E. F.; PAULUCIO, D.; ZONTA, J. B. Influência de diferentes turnos de rega e doses de hidroabsorvente no desenvolvimento inicial da cultura do café conillon (*Coffea canephora* Pierre). **Idesia** (Chile), v.27 n.3, p. 29-34, 2009.