

LEONARDO HENRIQUE DEMINSKI

APLICAÇÃO DE HIDROGEL COM DOSES DE SULFATO DE
PÓTISSIO NO DESENVOLVIMENTO DA SOJA

CASCADEL
PARANÁ – BRASIL
NOVEMBRO – 2022

LEONARDO HENRIQUE DEMINSKI

APLICAÇÃO DE HIDROGEL COM DOSES DE SULFATO DE
POTÁSSIO NO DESENVOLVIMENTO DA SOJA

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura, para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Reinaldo Aparecido Bariccatti

CASCVEL
PARANÁ – BRASIL
NOVEMBRO – 2022

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Deminski, Leonardo Henrique

Aplicação de hidrogel com doses de sulfato de potássio no desenvolvimento da soja / Leonardo Henrique Deminski; orientador Reinaldo Aparecido Bariccatti. -- Cascavel, 2022. 60 p.

Dissertação (Mestrado Acadêmico Campus de Cascavel) -- Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura, 2022.

1. energia renovável. 2. hidrogel. 3. soja. 4. agricultura. I. Bariccatti, Reinaldo Aparecido, orient. II. Título.

LEONARDO HENRIQUE DEMINSKI

Aplicação de hidrogel com doses de sulfato
de potássio no desenvolvimento da soja

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Energia na Agricultura, área de concentração Agroenergia, linha de pesquisa Biomassa e Culturas Energéticas, APROVADO pela seguinte banca examinadora:



Orientador - Reinaldo Aparecido Bariccatti
Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)



Jair Antonio Cruz Siqueira
Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)



Marcelo Angelo Campagnolo
Faculdade Educacional de Medianeira (UDC Medianeira)

Cascavel, 30 de agosto de 2022

LISTA DE SÍMBOLOS, FIGURAS OU TABELAS

Tabela 1: Caracterização inicial dos atributos químicos do solo na profundidade de 0,0-0,20 m e 0,20, 0,40 m na Parcela 1, Cascavel – PR, 2021.....	22
Tabela 2: Caracterização inicial dos atributos químicos do solo na profundidade de 0,0-0,20 m e 0,20, 0,40 m na Parcela 2, Cascavel – PR, 2021.....	23
Tabela 3: Composição química e distribuição granulométrica do FortGel®.....	28
Tabela 4: Análise de variância com repetição das Parcelas 1 e 2 em relação a primeira contagem de germinação.	31
Tabela 5: Análise de variância do desdobramento das parcelas, dentro de cada nível de doses, em relação a primeira contagem de germinação.	32
Tabela 6: Médias de germinação de sementes de soja após 5 dias, em função dos tratamentos com doses de hidrogel e hidrogel incorporado com sulfato de potássio.	32
Tabela 7: Médias de altura demonstrando não haver diferença mínima significativa nos testes de Tukey e f de Student a 5%.	33
Tabela 8: Médias de número de plantas por área em função dos tratamentos com doses hidrogel incorporado com sulfato de potássio e apenas doses de hidrogel....	35
Tabela 9 - Médias de massa de 100 grãos em função dos tratamentos com doses hidrogel incorporado com sulfato de potássio e apenas doses de hidrogel.	35
Tabela 10 : Análise de variância com repetição das Parcelas 1 e 2 em relação a produção total.....	36
Tabela 11 : Análise de variância do desdobramento das parcelas, dentro de cada nível de doses, em relação a produção total.	36
Tabela 12 : Médias de produção total, em função dos tratamentos com doses de hidrogel e hidrogel intumescido com sulfato de potássio.	36
Figura 1 - Parcela 1 da área experimental (hidrogel incorporado com doses de hidrogel)	24
Figura 2 : Déficit hídrico no Paraná em 20/12/2021.	25
Figura 3 - Limpeza da área experimental por capina.	26
Figura 4 - Coleta e amostragem de grãos pós-colheita realizada manualmente.....	26
Figura 5: Estrutura química do polímero	28
Figura 6 - Análise de condutividade da solução de hidrogel com sulfato de potássio.	29
Figura 7 - Médias da primeira contagem da germinação e germinação final dos tratamentos com doses de hidrogel com sulfato de potássio incorporado e a dose zero testemunha.....	30
Figura 8 - Médias da primeira contagem da germinação e germinação final dos tratamentos com doses hidrogel e a dose zero testemunha.	30
Figura 9: Medição de plantas com fita métrica em centímetros.	33

DEMINSKI, Leonardo Henrique. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, agosto 2021. **APLICAÇÃO DE HIDROGEL COM DOSES DE SULFATO DE POTÁSSIO NO DESENVOLVIMENTO DA CULTURA DA SOJA**. Orientador: Reinaldo Aparecido Bariccatti.

RESUMO

Frente à redução de água potável que o mundo está enfrentando, cada vez mais se procuram alternativas para o uso eficiente da água na agricultura. Por conta disso, estudam-se métodos que amenizem os efeitos do déficit hídrico, buscando obter uma maior eficiência do cultivo com os recursos hídricos disponíveis, a fim de garantir qualidade e produtividade nas lavouras de soja. Os hidrogéis são amplamente utilizados na agricultura devido às suas características de condicionadores do solo, auxiliando no aumento da capacidade de retenção de água. O uso do hidrogel na cultura da soja tem a capacidade de incrementar a população de plantas, e influenciar no rendimento da cultura. O enxofre (S) é um macronutriente essencial para as plantas, mas sua baixa disponibilidade no solo pode limitar a produtividade da soja. No Brasil, existem poucos resultados de pesquisa envolvendo o S na cultura da soja, por isso, o objetivo dessa pesquisa foi avaliar a resposta do uso de sulfato de potássio incorporado ao hidrogel na cultura da soja em diferentes doses, buscando a obtenção de melhores rendimentos na produção. Esta pesquisa foi desenvolvida na zona rural de Cascavel - PR, na safra de verão 2021/22. O delineamento experimental foi em Blocos Casualizados no esquema fatorial $2 \times 5 + 1$ com 4 repetições, constituído pelas fontes de hidrogel: ForthGel® e ForthGel®/Sulfato de Potássio, e o segundo fator constituído pelas doses: 0, 15, 20, 30, 40 e 45 kg de hidrogel por ha^{-1} , e a dose zero ou testemunha. Foram determinados componentes de rendimento e a produtividade da cultura da soja. Os dados foram submetidos à análise de variância, aplicando o teste F ao nível de 5% de probabilidade e a regressão, utilizando o Software SISVAR. Os dados mostraram diferença significativa estatisticamente entre as parcelas em relação à produtividade total, para as doses 30 e 40 kg ha^{-1} de hidrogel, e na primeira contagem de germinação nas doses 15, 30 e 45 kg ha^{-1} de hidrogel. Já a altura total, massa de 100 grãos e número de plantas por área, não apresentaram diferença mínima estatisticamente entre as parcelas e doses de hidrogel e hidrogel incorporado. Concluiu-se que a maior produção de soja foi na dose de 45 kg ha^{-1} de hidrogel, com 71 sacas de soja, e na de 15 kg ha^{-1} de hidrogel incorporado com sulfato de potássio, com 67 sacas de soja por hectare.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001

PALAVRAS-CHAVE: cultura oleaginosa; macronutriente; polímero hidrorretentor

DEMINSKI, Leonardo Henrique. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, august 2021. **HYDROGEL APPLICATION WITH POTASSIUM SULFATE DOSES ON THE DEVELOPMENT OF SOYBEAN CULTURE.** Advisor: Reinaldo Aparecido Bariccatti.

ABSTRACT

Faced the reduction of drinking water in the world, alternatives for efficient use of water in agriculture are being sought increasingly. Because of this, methods are studied to alleviate the effects of water deficit, seeking to obtain a greater efficiency of cultivation with the available water resources, in order to ensure quality and productivity in soybean crops. Hydrogels are being used widely in agriculture due to their characteristics of soil conditioners, assisting in increasing water retention capacity. The use of hydrogel in soybean crop has the ability to increase the plant population and influence crop yield. Sulfur (S) is an essential macronutrient for plants and its low availability in soil can limit soybean yield, however, in Brazil there are few research results involving S in soybean crops. Due to these factors, the objective of the research was to evaluate the response of the use of potassium sulfate incorporated into hydrogel in soybean crops at different doses, to obtain better yields in production. This research was developed in the rural area of Cascavel - PR, in the summer harvest 2021/22. The experimental design was in Randomized Blocks in the factorial scheme $2 \times 5 + 1$ with 4 replications, consisting of the sources of hydrogel: ForthGel® and ForthGel®/Potassium Sulfate, and the second factor consisting of the doses: 0, 15, 20, 30, 40 and 45 kg of hydrogel per ha^{-1} , and the zero dose or control. Yield components and soybean yield were determined. The data were submitted to variance analysis, applying the F test at the level of 5% probability and regression, using the SISVAR Software. The data showed a statistically significant difference between the plots in relation to the total productivity, for the doses 30 and 40 kg ha^{-1} of hydrogel, and in the first germination count at doses 15, 30 and 45 kg ha^{-1} of hydrogel, while the total height, mass of 100 grains and number of plants per area did not show statistically minimal difference between the plots and doses of hydrogel and hydrogel incorporated. It was concluded that the highest soybean production was at the dose of 45 kg ha^{-1} of hydrogel, with 71 bags of soybean, and 15 kg ha^{-1} of hydrogel incorporated with potassium sulfate, with 67 bags of soybean per hectare.

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001

KEYWORDS: oilseed culture; macronutrient; hydride retaining Polymer

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Objetivos	2
1.2. Objetivos Específicos	2
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1. Histórico da cultura da soja	4
2.2. A cultura da soja	4
2.2.1. Necessidades Nutricionais	6
2.3. Enxofre na cultura da soja	8
2.3.1. Potássio	9
2.3.2. Sulfato de potássio	11
2.3.3. Indústria da soja	11
2.3.4. Sistema de produção da soja	12
2.4. Condições climáticas	14
2.5. O uso do Hidrogel na Agricultura	16
2.5.1. Liberação controlada do hidrogel	18
2.6. A produção de Biomassa como Energia Renovável	19
3. MATERIAL E MÉTODOS	22
3.1. Caracterização da área experimental	22
3.2. Delineamento experimental	23
3.4. Implantação e caracterização da cultura	25
3.5. Caracterização do hidrogel	28
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
4.1. Primeira contagem da germinação	30
4.2. Altura total	32
4.3. Número plantas por área	34
4.4. Produção total e massa de 100 grãos	35
5. CONCLUSÕES FINAIS	39
6. BIBLIOGRAFIA	40

1. INTRODUÇÃO

Durante seu ciclo produtivo, a soja enfrenta desafios devido aos fatores ambientais, apesar do suporte tecnológico aplicado na sua cultura e adequação ao manejo, ainda existe o déficit hídrico que ocasiona alterações na qualidade fisiológica podendo comprometer a produção (SOUZA *et al.*, 2020).

Diante da atual diminuição das reservas de água potável no mundo, buscam-se meios alternativos de uso da água de forma eficiente. A exigência se torna ainda maior na agricultura, sendo necessária a adoção de técnicas de baixo custo e de fácil manuseio. A necessidade de elevar a produção de alimentos, junto à globalização do comércio e a disputa de produtos agrícolas, ocasiona a busca de crescimento da produção aliada à redução de custo do processo de produção, tornando o setor atrativo e rentável aos investidores (CASTRO; FERREIRA, 2018).

Os efeitos meteorológicos El Niño e La Niña influenciam o setor agrícola por conta da ligação direta que possui com os influenciadores de parâmetros agrometeorológicos. É necessário levar em consideração, durante um período de anomalia desses efeitos, que não apenas o setor agrícola será prejudicado, mas, da mesma forma, os outros setores da cadeia produtiva (LAS SCHAAB, 2018). Nos últimos anos, na região oeste do Paraná, tem se intensificado a atuação do La Niña, ocorrendo longos períodos de estiagem na primavera e verão, época de plantio da soja e milho.

Devido a isso, é alvo de pesquisas a busca por métodos que amenizem os efeitos de déficit hídrico, procurando obter uma maior eficiência do cultivo com o uso dos recursos hídricos disponíveis, e desse modo poder garantir a qualidade e a produtividade na cultura da soja (FIDELIS *et al.*, 2018).

Na região de Cascavel – PR, de acordo com a estação meteorológica do IAPAR (2022), choveu no período de outubro a novembro de 2020 apenas 64 mm, época crucial para a germinação e desenvolvimento da soja.

Segundo Ferreira *et al.* (2014), os polímeros hidrorretentores também chamados de condicionadores de solo, polímeros hidroabsorventes, géis hidrorretentores, ou simplesmente hidrogel, têm sido amplamente utilizado na agricultura. Isso se deve às suas características de condicionadores do solo, auxiliando no acréscimo da capacidade de retenção de água (NASCIMENTO, 2019), além de ser uma alternativa com elevada eficiência no que diz respeito ao manejo

das culturas, aumentando a disponibilidade de água de maneira a influenciar no desempenho fisiológico das plantas, assim como na produtividade minimizando os custos de produção (FOLLI-PEREIRA *et al.*, 2012).

O enxofre (S) é um macronutriente indispensável para as plantas e seu déficit no solo pode acabar limitando a produção de culturas agrícolas como a soja e o milho (FOIS *et al.* 2017). Porém, segundo Broch *et al.* (2011), no Brasil, existem poucos resultados de pesquisa envolvendo o S na cultura da soja.

Segundo Abraão *et al.* (2020), o uso do polímero hidroabsorvente na cultura da soja incrementa a população de plantas, e influencia no elevado rendimento da cultura.

Devido a esses fatores, são necessários estudos sobre meios de produção utilizando hidrogel incorporado com S em forma de sulfato de potássio, como uma alternativa viável para obtenção de melhores rendimentos na produção de soja.

A hipótese a ser verificada é que se as doses de hidrogel incorporadas com sulfato de potássio alcançam uma maior produtividade em relação às doses de hidrogel e também as testemunhas sem tratamento.

1.1. Objetivos

Objetivou-se com este trabalho avaliar a produção, a qualidade e o desenvolvimento da soja em função do uso de hidrogel com doses de enxofre incorporado em forma de sulfato de potássio.

1.2. Objetivos Específicos

- Avaliar variáveis de desenvolvimento de plantas (germinação inicial, total, altura) de soja em função da interação dos fatores de doses de hidrogel e doses de hidrogel incorporado com sulfato de potássio;
- Avaliar variáveis de produção (Peso de 100 grãos, peso de 1000 grãos, número de plantas por área e produção total) em função das doses de hidrogel e doses de hidrogel incorporado com sulfato de potássio no cultivo de soja em campo;

- Com base nos resultados obtidos, indicar a melhor dose de hidrogel e hidrogel incorporado com sulfato de potássio em relação aos parâmetros avaliados.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Histórico da cultura da soja

A soja (*Glycine max* L.) possui sua origem e domesticação no leste asiático, sendo mais especificamente no nordeste da China. Sua primeira aparição é datada há mais de 5.000 anos. O imperador chinês Shen-nung foi o responsável pelo seu cultivo, e utilizou a cultura como fonte de alimento, tornando-se uma alternativa para redução do abate de animais. Em outras regiões do globo, o processo de adaptação aconteceu a princípio em ambientes com similaridades ao local de origem, iniciando em 1712, na Europa. O primeiro relato nos Estados Unidos, ocorreu no ano de 1765, a adaptação e expansão da cultura foram processos que aconteceram de maneira lenta. Após ter decorrido certo tempo, houve-se a percepção da importância de se investir em pesquisas, culminando para o desenvolvimento tecnológico e o surgimento de cultivares de soja mais produtivos, resistentes a doenças e pragas, além de um sistema produtivo adequado para as diferentes condições de produção da América do Norte (GAZZONI, 2018).

A soja é pertence da família Fabaceae, que compreende plantas como o feijão, a lentilha e a ervilha. A palavra “soja” vem do japonês “shoyu”, que teve sua origem na China e no Japão. Em 1882, a espécie oleaginosa chegou ao Brasil, porém, sua aplicação inicial não obteve êxito. Isso ocorreu porque o material genético utilizado não correspondia às condições climáticas da região do país. Durante esse mesmo período, a produção de soja se retinha no continente asiático, em lugares com clima temperado e com latitudes altas, muito diferente das condições presentes na região do estado da Bahia, onde era cultivada aqui, que possui um clima tropical e baixa latitude. Diante disso, a soja só obteve êxito no país a partir do ano de 1914, quando se iniciou o cultivo no Estado do Rio Grande do Sul, no município de Santa Rosa, situado na mesorregião Noroeste do Estado, com a finalidade de autoconsumo, voltado para a alimentação de gado leiteiro, porcos e frangos da região (DALL'AGNOL, 2016; MELLO; BRUM, 2020).

2.2. A cultura da soja

Durante o plantio, a soja é capaz de apresentar diferentes tipos de crescimento: o determinado, o semideterminado e o indeterminado. A cultivares que apresentam crescimento determinado são caracterizadas pelo pequeno ou nulo

crescimento em altura após a fase de florescimento. Já os cultivares que demonstram crescimento do tipo indeterminado seguem emitindo nós e alongando a haste após o estágio R1, ocasionando o significativo crescimento em altura e acréscimo do número de nós até a fase de enchimento de grãos. Por fim, as cultivares com modelo de crescimento semideterminado possuem características intermediárias aos outros tipos de crescimento (ZANON *et al.*, 2018).

Após anos de estudo e aplicação na cultura da soja, atualmente, é possível o seu cultivo em regiões de baixas e altas latitudes. Isso em razão ao desenvolvimento de cultivares mais resistentes, capazes de se adaptarem a diferentes fotoperíodos, com um bom manejo da cultura, busca-se continuamente alcançar a maior produtividade. O Brasil, por exemplo, possui um enorme potencial produtivo, contendo regiões com maior produtividade média anual que regiões norte americanas (CÂMARA, 2015).

No mercado mundial de grãos, o Brasil se destaca como sendo um dos principais produtores e exportadores de soja, cultura que contém significativa função no desenvolvimento da economia brasileira. A cultura da soja (*Glycine max* (L.) tem alcançado a cada dia mais importância no mercado agrícola brasileiro e mundial, isso se deve à ampla gama de usos que a oleaginosa dispõe, contendo características essenciais na nutrição alimentar humana e animal. A cultura da soja se apresenta como uma das bases mais fortes da economia brasileira (KLAHOLD *et al.*, 2006).

Durante a safra de 2018/2019, o Brasil produziu aproximadamente 115,0 milhões de toneladas, em uma área de 36,0 milhões de hectares cultivados. A produção dessa cultura vem se destacando em diversos estados do país, pode-se destacar a região Centro-Oeste, onde o estado do Mato Grosso obteve a maior produção nacional, cerca de 33,0 milhões de toneladas, com área plantada de 10 milhões de hectares. Na região Sul, destaca-se o estado do Paraná, como segundo maior produtor do grão, com produção estimada de 23,0 milhões de toneladas para a safra 2019/2020 com área plantada de 30 mil hectares (CONAB, 2020).

A explicação sobre o aumento da produtividade da soja é dada pela adoção de tecnologias, como o uso de fertilizantes, defensivos agrícolas, utilização de máquinas e implementos, além do melhoramento genético, através do

desenvolvimento de variedades mais produtivas, que se adaptam às condições de cultivo e que possuem resistência às pragas e doenças (ARTUZO *et al.*, 2018).

2.2.1. Necessidades Nutricionais

A soja, bem como outras culturas importantes no aspecto econômico e social, possui exigências nutricionais diferentes para alcançar seu desenvolvimento. A redução de produtividade é ocasionada pelas desordens nutricionais e estão diretamente ligadas a sintomas provocados pela falta de algum nutriente. Nas regiões com produção de soja, a utilização apropriada de fertilizantes é indispensável para se atingir uma elevada produtividade. Para que ocorra o suprimento correto das necessidades nutricionais prioritárias na cultura, é necessário a análise físico-química dos solos, visando a otimização dos custos para implantar e fornecer uma manutenção do cultivo (CONAB, 2016).

O primeiro fenômeno fisiológico que ocorre durante o desenvolvimento de uma planta é a germinação das sementes, que futuramente ocasionará o crescimento do embrião e à emergência das plântulas. Durante o processo germinativo, ocorre uma sequência de eventos físicos, bioquímicos e fisiológicos influenciados por diversos fatores, que podem agir separados ou interagir entre si. Dentre eles pode-se destacar a disponibilidade hídrica, a temperatura e também o oxigênio (MARCOS FILHO, 2015).

A interação do potencial genético da cultura vai determinar o crescimento e desenvolvimento da planta inserida na área de plantio. O clima vai apresentar uma importante influência na produção das culturas agrícolas e no potencial produtivo dos sistemas agrícolas. Em sistemas produtivos não irrigados, as variáveis climáticas serão os principais fatores que ocasionam instabilidade na produção da cultura da soja no Brasil. Assim como a taxa de precipitação pluviométrica, existem outros fenômenos meteorológicos capazes de influenciar no crescimento, desenvolvimento e na construção do potencial produtivo da cultura, dentre eles pode-se citar a radiação solar, temperatura e o fotoperíodo da região (ZANON *et al.*, 2018).

Para obter melhores resultados no cultivo e produção, destaca-se a nutrição da cultivar e também a fertilidade do solo, fatores que constituem o manejo de nutrientes básicos para o desenvolvimento da cultura. Os fatores genéticos da

cultura determinam a exigência nutricional e o potencial de exportação da soja, entretanto, são influenciados por fatores de clima, fertilidade de campo e manejo adotado na cultura (OLIVEIRA *et al.*, 2019).

A matéria orgânica do solo desempenha importante função, por isso é muito citada como indicador-chave da qualidade do solo em áreas agrícolas. Ela age de forma estruturada fornecendo substâncias que agregam no suprimento de macro e micronutrientes, na capacidade de troca catiônica e no tamponamento do pH (ZANÃO JÚNIOR *et al.*, 2007).

A cultura da soja possui melhor adaptação com temperatura do ar e do solo na faixa dos 20 °C a 30 °C. A temperatura ideal do ar gira em torno de 30 °C para melhor crescimento e desenvolvimento, já para obter emergência rápida e uniforme, a temperatura ideal do solo é de 25 °C. O crescimento vegetativo é pequeno, ou nulo, para temperaturas do ar menores ou iguais a 10 °C, e possui efeito adverso em temperaturas acima de 40 °C. O florescimento ocorre com a temperatura do ar acima de 13 °C. Quando a temperatura for muito elevada pode ocorrer a floração precoce, diminuindo a estatura da planta (MAPA, 2017).

Ainda segundo MAPA (2017), tem-se a influência no desenvolvimento da cultura devido à precipitação pluvial, especialmente nas fases de germinação/emergência e de floração/enchimento de grãos. O déficit hídrico acarreta alterações fisiológicas na cultura durante o período de floração e enchimento de grãos, como o fechamento dos estômatos da planta, o enrolamento das folhas, além da queda prematura de folhas, flores e vagens, que pode acarretar a perda no rendimento de grãos.

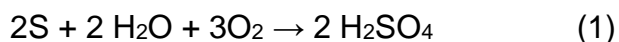
A cultura da soja possui uma exigência na adubação de nutrientes tornando-se muito reativa a adubação, pois absorve e transloca os nutrientes com facilidade, especialmente o Nitrogênio, o Fósforo, o Potássio e o Enxofre que são alocados em maior quantidade. O segundo elemento mais requerido pela planta de soja é o potássio, visto que consome por volta de 18,5 kg do nutriente para cada 1000 kg de grãos de soja. A ausência desse elemento na planta pode ocasionar hastes verdes, clorose nas folhas e frutos com formação partenocárpicas (GABRIEL *et al.*, 2016; TANAKA; MARARENHAS, 1992).

Os programas de melhoramento genético de soja buscam a obtenção de novas cultivares, buscando especialmente alcançar maior produção de grãos, assim

como outras características, como a precocidade, resistência a estresses bióticos e abióticos e, for fim, a qualidade da semente com finalidade industrial. Por apresentar uma sensibilidade a diversos aspectos como a luminosidade intensa, fotoperíodo, umidade, temperatura, altitude, época de semeadura e fertilidade do solo, o ideótipo da cultura da soja diferencia-se entre as regiões e o sistema de cultivo (SILVA *et al.*, 2017).

2.3. Enxofre na cultura da soja

As plantas e animais não são capazes de utilizar o enxofre em sua forma elementar. Apesar disso, algumas bactérias, como o *Thiobacillus thiooxidans*, conseguem oxidar o enxofre elementar para forma de sulfato. A reação envolvida é:



Plantas e diversos microrganismos realizam a assimilação do sulfato, exceto animais superiores. O sulfato é transformado em uma forma “ativada” antes de ser metabolizado para síntese de aminoácidos que possuem enxofre, como a metionina e cisteína (MARINHO, 2003).

O enxofre (S) é um macronutriente essencial para as plantas por fazer parte da constituição protéica, entre outros constituintes e sua baixa disponibilidade no solo pode limitar a produtividade das culturas como a soja e o milho. Além disso, pode causar sintomas visuais quando severa, como a clorose nas folhas jovens, semelhante à deficiência de nitrogênio, incluindo redução no crescimento da planta (FOIS *et al.* 2017; LAVRES JÚNIOR *et al.*, 2008).

Os solos brasileiros possuem deficiência em S, uma vez que suas concentrações variam de 0,1% em solos minerais chegando a 1% em solos orgânicos. Grande parte do enxofre identificado no solo está relacionado com a existência de compostos orgânicos, que envolve inclusive a importância dos processos microbiológicos para que ocorra a disponibilidade desse nutriente para a cultura (PEREIRA *et al.* 2016).

A cultura da soja possui exigência em S podendo demonstrar resposta para a adubação sulfatada, principalmente em áreas com baixa fertilidade, como nos solos do cerrado, que contêm uma alta exportação de S pelos grãos devido à alta produtividade. Não se tem uma dose ideal de S para a cultura da soja, porém, na

literatura é recomendado a adubação de manutenção com aplicação de 10 kg de S para cada 1.000 kg de grãos desejados (BROCH *et al.* 2011; EMBRAPA, 2013).

Em solos na condição de elevada drenagem, quase a totalidade de enxofre mineral se encontra na forma de sulfato (SO_4^{2-}), resultante da mineralização da matéria orgânica. O sulfato é, basicamente, a única forma de enxofre capaz de ser absorvida pelas raízes. Nas últimas décadas, elevou-se a preocupação de avaliar a capacidade do solo em fornecer as quantidades de enxofre necessárias para as culturas. Isso porque houve comprovação de deficiência de tal nutriente, especialmente em regiões de clima tropical (KAPPES *et al.* 2013).

A absorção nas folhas decorre principalmente na forma de sulfato, mas também é possível que a absorção ocorra como S orgânico, $\text{SO}_2(\text{ar})$ e S molhável (defensivos). O enxofre se encontra na maior parte da planta na sua forma orgânica (cistina, cisteína, metionina, proteínas, glicosídeos e vitaminas). As assimilações de nitrogênio e enxofre são devidamente coordenadas, de modo que a deficiência de um reprime a via assimilatória do outro (EPSTEIN; BLOOM, 2006).

No Brasil, existem poucos resultados de pesquisa envolvendo o S, porque é necessário utilizar produtos puros a fim de conseguir isolar seu efeito e, geralmente o S tem sua aplicação nas áreas por meio de fertilizantes compostos, na forma de nutriente secundário, como nos sulfatos e superfosfatos simples (BROCH *et al.* 2011).

O fertilizante superfosfato simples possui solubilidade rápida e em sua composição um teor de 12% de S-SO_4^{2-} , tornando-se facilmente disponível para as culturas. Outras fontes, porém, como o S elementar necessita passar por reações de oxidação no solo para se tornar disponível, transformando-se em SO_4^{2-} (BROCH *et al.* 2011).

2.3.1. Potássio

O Potássio (K) é um macronutriente de elevada exigência na cultura da soja, sendo inferior apenas a exigência do nitrogênio, quando se trata de absorção e exportação pelos grãos (OLIVEIRA JUNIOR *et al.*, 2014).

O K é fundamental no crescimento e no desenvolvimento vegetal, pois desempenha parte indispensável a nível celular. Ele está presente em várias reações bioquímicas essenciais ao metabolismo da planta, inclusive é responsável

por regular o potencial osmótico das células vegetais. É também fundamental na ativação das enzimas nos processos de respiração e fotossíntese (ZHANG et al., 2016; TAIZ et al., 2017).

O K é um elemento presente em rochas e alguns solos, encontrado na maioria dos casos em minerais contendo o elemento na forma cristalina. Além disso, pode ser encontrado na forma de cátion trocável no solo, integrado a resíduos orgânicos e na solução do solo. A quantidade de potássio, porém, é inferior em relação ao total de potássio do solo (MALAVOLTA, 1997).

Caso a adubação potássica for esquecida, nos anos seguintes, podem surgir os sintomas, que comprometerá o desempenho da cultura, devido a remoção de K do solo, que pode ocorrer por lixiviação ou exportação da cultura (CAVALLI; LANGE, 2018).

A soja possui uma elevada taxa de exportação de K que é absorvido, passando os 50%, incluindo os grãos, deixando assim um residual ínfimo na palhada para as próximas safras (OLIVEIRA JUNIOR et al., 2013; CAVALLI; LANGE, 2018).

Na cultura da soja, ele é absorvido na forma de K^+ , e possui grande importância nas fases de desenvolvimento e produção da soja, com elevada influência nas necessidades culturais da cultura (MALAVOLTA, 1980). Possui ação enzimática além de ser um dos responsáveis pela abertura e fechamento dos estômatos, faz a regulação osmótica dos tecidos. A deficiência de potássio ocasiona a clorose intervenal, necrose nas bordas e ápice das folhas mais velhas (SFREDO; BORKERT, 2004). As fontes mais comuns de potássio são os adubos minerais, sulfatos, cloretos, dentre outras (DOMINGOS; LIMA; BRACCINI, 2015).

Atualmente, os principais fertilizantes, fontes de potássio no mundo, são o cloreto de potássio (KCl) com 58 a 60% de K_2O , o sulfato de potássio (K_2SO_4) com 48 a 53% de K_2O e 17 a 18% de enxofre (S); sulfato de potássio e magnésio ($K_2SO_4 + MgSO_4$) com 21 a 22% de K_2O , 10 a 11% de Mg e 21 a 22% de S; e nitrato de potássio (KNO_3) ou salitre potássico com 13% de N e 44 a 46% de K_2O (REETZ, 2017).

A ocorrência de veranicos influencia a absorção de K pelas plantas, essa condição edafoclimática causa a imobilização do nutriente no solo e dificulta a sua absorção, sendo que tal processo de mobilização é por meio de difusão e altamente dependente de umidade (PETTER, et al., 2012)

2.3.2. Sulfato de potássio

O sulfato de potássio (K_2SO_4) é um fertilizante inorgânico de origem mineral mais utilizado em âmbito mundial, quando é necessária uma fonte livre de cloreto. Ele é muito importante em culturas como a soja, milho, tabaco, batata e frutos de baga. A sua vantagem é oferecer potássio e enxofre de forma conjunta, nutrientes que são muito importantes na qualidade dos produtos colhidos (PIANA, 2011).

É possível a obtenção do sulfato de potássio por meio da evaporação solar de lagoas salinas que possuem íons de potássio e sulfato. Isso ocorre nas salmouras do Grande Lago Salgado, em Utah, Lago Searles, localizado na Califórnia que possuem quantidades expressivas de sulfato, cerca de 2% em peso. E também no Mar Morto, entre Israel e Jordânia, que possui enorme concentração de sais de potássio (NASCIMENTO; MONTE; LOUREIRO, 2005). Além disso, o K_2SO_4 também pode ser produzido em processos químicos industriais, sendo o processo Mannheim o mais utilizado (SCHULTZ, 2012).

A maioria do S nas células de espécies de planta superiores advém do sulfato (SO_4^{2-}) deslocado por um condutor de H^+ - SO_4^{2-} do tipo simporte, com base na solução do solo. O sulfato no solo, em sua maioria, é proveniente do intemperismo da solução do solo. Existe, porém, uma fonte adicional de sulfato oriunda da industrialização, a poluição atmosférica. O uso de combustíveis fósseis libera diversas formas de enxofre gasoso durante sua queima, além do dióxido de enxofre (SO_2) e o sulfeto de hidrogênio (H_2S) que são carregados para o solo pelas chuvas (TAIZ et al., 2017).

2.3.3. Indústria da soja

O processo industrial de grãos de soja pode ser dividido em duas etapas principais:

- (i) a produção de óleo bruto que tem o farelo de soja como resíduo; e
- (ii) o refino do óleo bruto, obtendo os demais derivados, como óleos refinados, margarina e gordura hidrogenada (LEMOS *et al.*, 2017).

Quando triturada a soja produz dois subprodutos muito importantes: o farelo e o óleo. O óleo de soja tem sua maior utilidade na produção de margarina, óleo

comestível (azeite de cozinha) além de outras gorduras hidrogenadas. Além disso, o óleo é utilizado no setor industrial em geral, na forma de matéria-prima para a produção de sabonetes, tintas, vernizes, biodiesel dentre outros. Já o farelo tem seu uso mundial na alimentação animal, pois é a principal fonte de proteína vegetal que existe atualmente (MELLO; BRUM, 2020).

O grão da soja tem seu uso nas agroindústrias para a produção de óleos com destinação à alimentação humana e produção de farelo. Os grãos e seus derivados também são exportados. Além disso, seu óleo também é utilizado para produção de biodiesel, que, atualmente, atende apenas o mercado interno (XAVIER; WANDER; FIGEIREDO, 2016).

Durante o processamento e extração de óleo de soja, o grão chega e é removido dos caminhões por meio de um tombador, depois segue para uma moega de recebimento. Em seguida, ocorre a transferência para um silo pulmão onde os grãos são encaminhados a pré-limpeza para remoção de impurezas. Logo após, a soja é seca antes de ser transferida aos silos para estoque. Os grãos que chegam dos silos podem ser:

a) secos e aquecidos, caso sejam descascados para obtenção de farelo de alta proteína, ou

b) ser enviados diretamente à preparação.

Durante a preparação, os grãos são pesados e limpos em separadores gravimétricos, usando peneiras e depois removendo as partículas metálicas através de separador magnético (DORSA, 2004).

O processo de secagem, anterior a armazenagem, é essencial para reduzir a umidade, evitando a fermentação dos grãos da soja. Por esse motivo, durante a armazenagem, o controle de temperatura é de extrema importância, pois irá definir o rendimento e a qualidade da produção (LEMOS *et al.*, 2017)

2.3.4. Sistema de produção da soja

O principal foco da tecnologia de sementes é a busca pela sua qualidade, que por sua vez está relacionada com a interação de fatores que definem seu valor de semeadura. Na produção de sementes de alta qualidade, é necessário visar alguns aspectos, como fazer a escolha da região a ser cultivada, dando foco nos aspectos agrônômicos, estruturais e comerciais. Pode-se, também, destacar a seleção da

área para o cultivo, que deve levar em conta seu histórico, além das condições edafoclimáticas; o cultivo das culturas de sucessão; a procedência e qualidade das sementes básicas; o manejo da área; inspeções e erradicação de plantas invasoras; controle de pragas e doenças; colheita, secagem e beneficiamento; transporte e armazenamento; programa de controle de qualidade que vai percorrer todas as etapas de produção (MARCOS FILHO, 2015).

Durante as últimas três décadas, o sistema de produção de soja foi completamente reformulado, e a geração de tecnologias que possibilitaram o ambiente de cultivo nas terras brasileiras foi o ponto inicial. O Brasil alcançou a segunda posição na produção mundial de soja devido ao uso de tecnologias e poderá levar à liderança global em um curto espaço de tempo (GAZZONI, 2012).

Dentre as tecnologias que fizeram elevar a produção do Brasil para o segundo maior produtor mundial de soja, destaca-se: o plantio direto, causando a redução da erosão sem custos significativos; o uso de cultivares apropriados às condições do país; a correção e adubação do solo, utilizando corretivos e fertilizantes, possibilitando também a ocupação dos Cerrados; a fixação biológica de nitrogênio, com redução de custos; a condução correta de pragas da cultura, com redução de agroquímicos; manejo de plantas daninhas, permitindo a ampliação do plantio direto; mecanização agrícola, tornando acessível máquinas e implementos agrícolas; multissafras em um ano e ainda a integração lavoura, pecuária e florestas, que é de grande importância visando a sustentabilidade da exploração agropecuária (GAZZONI, 2012).

As terras paranaenses apresentam características favoráveis para o cultivo de diversas culturas de grãos. É o segundo estado em produção de soja e milho e o maior produtor de trigo do Brasil (CONAB, 2021). No Paraná, o sistema de plantio direto é predominante nas culturas. A região oeste do estado possui clima de classificação Cfa, segundo Köppen, subtropical mesotérmico com chuvas bem distribuídas durante o ano e verões quentes (CAVIGLIONE *et al.*, 2000). Tal modelo de clima possibilita a produção de milho nas estações de outono e inverno, devida a baixa ocorrência de geadas até o mês de junho. A cultura que predomina nessa região do estado é o cultivo de soja na safra de verão e milho como 2ª safra no inverno (CULTIVAR, 2015).

No ano de 2018, o somatório de exportação nacional da cultura de soja alcançou o total de US\$ 40.696.501.648, correspondendo a 40,23% das exportações do país (MAPA, 2019). Mato Grosso, Rio Grande do Sul, Paraná e Goiás são os maiores estados produtores nacionais de soja (CONAB, 2019).

A técnica de sucessão de cultivo utilizando a soja na safra de verão e o milho na safra de inverno teve seu início na década de 1980, com um acréscimo elevado da área de cultivo na região oeste do Paraná, tornando-se um sistema consolidado de cultivo. Esse modelo de cultivo surgiu como forma alternativa à cultura do trigo que obteve redução da área no inverno, devido aos baixos preços praticados ao grão (SEAB, 2015).

Nos últimos anos, a produção de grãos obteve um acréscimo linear. O manejo das culturas e o manejo nutricional foram os principais causadores desse aumento, alcançando destaque na produtividade (LI *et al.*, 2018).

O manejo correto de nutrientes está diretamente relacionado com o crescimento e a produtividade da cultura. Contudo, o melhor funcionamento do metabolismo vegetal vai depender das condições satisfatórias de nutrientes, visando às inúmeras funções que esses representam nas plantas (BAILEY-SERRES *et al.*, 2019).

A deficiência de nutrientes é um dos principais fatores que limitam as altas produtividades. Existe a possibilidade de distúrbios no desenvolvimento das plantas caso não haja o manejo adequado de nutrientes na cultura (SCHROEDER *et al.*, 2013). Dentre os problemas que irão refletir na produtividade, pode-se citar o menor crescimento radicular, menor crescimento da parte aérea e comprometimento de todo o metabolismo da planta (BAILEY-SERRES *et al.*, 2019).

2.4. Condições climáticas

Segundo o primeiro relatório do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC, 2014), é possível que ocorra reduções de 10% no regime das chuvas e a elevação de 1 a 1,5 °C na temperatura do ar na Amazônia até o ano de 2040. Já para o período de 2041 a 2070, são previstas reduções mais severas no regime pluvial, com diminuição de 25 a 35%, além do aumento de 3 até 3,5 °C na

temperatura do ar, podendo ocasionar consideráveis impactos na agricultura local e regional.

O clima e a produção agrícola possuem relações muito complexas, pois os fatores ambientais influenciam diretamente no crescimento e desenvolvimento das plantas em diversas formas e fases da cultura. A agricultura pode sofrer sérias perdas e dificuldades com o desequilíbrio das condições climáticas, porque o desenvolvimento e crescimento das culturas dependem diretamente de tais condições, além das combinações de processos físicos e biológicos (SILVA JÚNIOR, 2007).

A soja é uma planta com resistência a estresse hídrico, porém essa condição não pode ocorrer em estágios críticos de seu ciclo. Por isso é importante o estudo da ocorrência de déficit hídrico em distintas fases fenológicas da soja (GAVA *et al.*, 2016). Durante o ciclo da soja, a cultura necessita de cerca de 450 a 800 mm de água para obter seu rendimento máximo de produção (EMBRAPA, 2020).

O estresse hídrico causa diversas alterações na cultura da soja, como a redução do potencial hídrico foliar, o fechamento estomático, a diminuição da taxa fotossintética, a redução da sua parte aérea e a aceleração da senescência, abscisão das folhas. Em sua fisiologia, as alterações causadas afetam o nível metabólico e morfológico, causando uma adaptação da planta ao ambiente nocivo. Buscando uma melhor adaptação da planta são tomadas medidas que garantam o estabelecimento de um *stand* adequado da cultura, permitindo a continuidade do desenvolvimento da soja e conservando seu potencial produtivo (FERRARI *et al.*, 2015).

As condições climáticas têm grande influência na produção, além de afetar diretamente a incidência de pragas e doenças, e também, de interferir nos processos de secagem e armazenagem de grãos pós-colheita (MOSSINI JUNIOR *et al.*, 2013).

Nos últimos anos, houve um acréscimo na área produtora de soja na região sul do Brasil, auxiliando vigorosamente na economia local e nacional. A água tem grande importância na produção agrícola, determinando o potencial produtivo de uma cultura. Entretanto, a variabilidade e irregularidade pluviométrica nessas

regiões interferem no desenvolvimento das plantas, causando uma diminuição na produção das culturas e a sustentabilidade da produção agrícola (BERTAGNOLLI *et al.*, 2015).

Mesmo com a evolução tecnológica da agricultura e das diferentes técnicas de manejo (rotação de culturas, cobertura permanente do solo com material vegetal), que buscam minimizar os impactos das variações dos estresses hídricos no rendimento das culturas, períodos prolongados de estiagens, ou precipitações excessivas, podem impactar fortemente uma safra agrícola (RADIN *et al.*, 2017; ZANON *et al.*, 2018).

2.5. O uso de Hidrogel na Agricultura

A agricultura irrigada é extremamente importante para humanidade, contudo, o insumo primordial dessa técnica de produção, a água, apresenta demanda crescente, das mais diversas origens, em um cenário com poucas perspectivas e visível escassez (BORGHETTI *et al.*, 2017).

Borghetti (2017) relata que o aperfeiçoamento e o aumento da eficiência das técnicas e dos processos de irrigação criam condições para a expansão da agricultura irrigada de forma sustentável, por meio da introdução de sistemas e métodos mais eficientes, e de tecnologias modernas para o manejo adequado da água e do solo.

Esse manejo não pode ser considerado apenas uma etapa independente no processo de produção agrícola, pois tanto é um ponto fundamental na produtividade da cultura explorada, quanto no uso eficiente da água, promovendo a conservação do meio ambiente (CAMARGO, 2016).

A má distribuição hídrica que o clima semiárido enfrenta, prejudica o desenvolvimento da produção vegetal na região, sendo necessário o uso de tecnologias para reverter essa situação. Dentre elas, a utilização de polímeros de alta densidade, os chamados hidrogéis, propiciam além de fornecimento hídrico, de controle na quantidade de água liberada, do auxílio na melhoria dos aspectos físicos e químicos do solo, atuam como condicionante do solo e auxiliam a absorção de nutrientes (KLEIN; KLEIN, 2015). Esses aspectos elevam o crescimento da utilização desses polímeros na agricultura.

A necessidade de otimizar a produção e a utilização dos recursos hídricos têm estimulado pesquisas na área. Mais recentemente, surgiram técnicas para melhor aproveitamento da água na agricultura, como o uso de hidrogel. O hidrogel é um polímero que retém água, podendo ser natural, derivado de amido, ou sintético, derivado de petróleo, à base de poliacrilamida, e que funciona como condicionador de solo. Possui as características de ser quebradiço quando seco, alterando para macio e elástico quando exposto a água (NAVROSKI *et al.*, 2016).

O uso de hidrogel modifica as condições do pH, irrigação, salinidade, fonte de nutrientes, umidade, temperatura e associações simbióticas quando adicionado ao substrato de mudas (NAVROSKI *et al.*, 2015).

De acordo com Lopes (2017), os hidrogéis atuam como reservatórios de água localizados próximos às raízes, estando prontamente disponíveis às plantas. Segundo esses autores, o uso do hidrogel é uma alternativa para reduzir perdas de rendimento causadas pela seca, pois esse material influencia diretamente na tolerância à seca e, conseqüentemente, no rendimento das plantas sob estresse hídrico.

O polímero de hidrogel parece ser extremamente eficaz como condicionador do solo no setor agrícola, tendo a capacidade de reter água e nutrientes, e pode apoiar no crescimento das plantas e melhorar as propriedades do solo (ABOBATTA, 2018).

Além de ser fundamental para questões relacionadas à umidade no solo, o emprego do hidrogel pode reduzir a necessidade de adubação em até 50%, pois além de reter a água, também retém os nutrientes, liberando ambos de forma controlada, de modo a diminuir os índices de perda dos mesmos por fatores como a lixiviação (NAVROSKI *et al.*, 2016).

Esses materiais começaram a ser utilizados em inúmeros ramos industriais devido a sua propriedade de hidratação, com isso o interesse por essa tecnologia cresceu significativamente. Na década de 1980, o desenvolvimento desses compósitos já permitia a capacidade de absorver até 400 vezes o seu peso inicial a partir de matrizes poliméricas e agentes reticulantes (AHMED, 2015).

Entretanto a alta concentração da quantidade de hidrogel não é boa para as plantas do solo. Isso porque as plantas não podem ser respeitadas e a atividade das raízes contra a absorção de nutrientes é interrompida. O hidrogel com a quantidade

certa melhorará o teor de umidade do solo e fornecerá água para as plantas. Fato comprovado em solos tratados com hidrogéis que obtiveram mais umidade do solo em comparação aos controles (GILBERT *et al.*, 2014).

Existem diversos tipos de hidrogel que podem ser divididos basicamente em dois grupos: o físico e o químico. Eles são materiais poliméricos que, em condições específicas, podem absorver grande quantidade de água, assim como uma solução nutritiva ou algum composto de interesse (SILVA, 2017).

Os hidrogéis químicos possuem cadeias que formam ligações inter e intramolecular a partir de um agente reticulante, gerando então uma rede polimérica. Os hidrogéis físicos possuem somente interações eletrostáticas/pontes de hidrogênio, intra ou intermoleculares, entre a matriz e o reticulante (GUILHERME *et al.*, 2015).

O uso desses polímeros ainda é um assunto pouco estudado, sendo necessário conhecer, quantificar e adaptar o método ideal de aplicação, bem como, a disponibilidade de água exigida em cada fase, principalmente na cultura da soja (FIDELIS *et al.*, 2018).

2.5.1. Liberação controlada do hidrogel

O termo “liberação controlada” a princípio foi utilizado para se referir a um mecanismo projetado para aperfeiçoar a liberação de fármacos, aperfeiçoando assim sua ação terapêutica (COELHO, 2012).

Apesar desse sistema de liberação controlada ter sido inicialmente desenvolvido para o uso em fármacos; na agroindústria, algumas formulações de liberação controlada tem sido objetivo de pesquisas nas últimas décadas (YONEZAWA, 2016).

Tais sistemas de liberação tem sido utilizados na otimização de disponibilidade de insumos no solo. Estima-se que cerca de 40 a 70% de nitrogênio, 80 a 90% de fósforo e 50 a 70% de potássio aplicados são lixiviados e perdidos no solo, desta forma não chegam à planta, o que ocasiona o acréscimo de custos e de poluição ambiental (WU; LIU, 2008).

Desta forma, se faz necessário uma liberação mais controlada dos agroquímicos para diminuir a quantidade de princípios ativos, mantendo sua eficiência. A troca de fórmulas de agrotóxicos convencionais por um sistema de

liberação controlada beneficia no tratamento com elevadas quantidades de substâncias ativas, e proporciona a maneira mais adequada para aplicação em áreas especiais (POURJAVADI; FARHADPOUR; SEIDI, 2009).

O acréscimo da eficiência funcional de insumos sintetizados quimicamente, ou de natureza biológica é o principal benefício do sistema de liberação controlada. Isso ocorre tanto para nutrientes, herbicidas, inseticidas, parasiticidas, ou microrganismos com atividade específica contra uma praga-alvo, cortando custos, e melhorando a segurança no manuseio de tais materiais, diminuindo riscos de toxidez para o homem, além de elevadas concentrações na lavoura e de contaminação ambiental (AOUADA *et al.* 2008).

O método de intumescimento e incorporação de um hidrogel é conduzido por fatores físicos intrínsecos à rede 3D e fatores externos. Certos fatores físicos podem contribuir de forma positiva para o intumescimento do material, como a presença de grupos hidrofílicos (-OH, -NH₂, -COOH, -CONH₂, -SO₃H) estruturalmente na cadeia polimérica, tanto lateral como na cadeia principal, assim como possuir menor densidade de reticulação e uma alta flexibilidade da rede polimérica (RUDZINSKI *et al.* 2002).

2.6. A produção de Biomassa como Energia Renovável

As consequências do grande desenvolvimento demográfico mundial em paralelo com o desenvolvimento industrial de nossa sociedade têm sido os principais norteadores da busca por combustíveis alternativos aos derivados do petróleo. Atrelado a isso ainda há a necessidade de se reduzir a emissão dos gases causadores do efeito estufa, oriundos principalmente do consumo de combustíveis fósseis pelo setor automotivo e para a geração de energia em unidades fabris (CREMONZEZ, 2015).

Nas últimas décadas, pesquisas envolvendo fontes renováveis de energia destacaram-se mundialmente, dentre elas pode-se citar as energias solar, eólica, hidroelétrica, geotérmica, das marés e aquelas derivadas da biomassa, incluindo o biogás e os biocombustíveis líquidos (RAMOS *et al.*, 2017).

No Brasil, tanto comunidades rurais como grandes centros, ambos distantes das redes de transmissão e distribuição de energia, precisam de energia elétrica. E essa distância dificulta a garantia do progresso econômico local. Uma alternativa

para resolver o problema é a geração de energia usando combustíveis à base de óleo vegetal, feitos de matérias-primas locais renováveis e com menor impacto no meio ambiente (LEITE *et al.*, 2019).

O atual cenário energético brasileiro tem ganhado reconhecimento mundial em consequência das matrizes energéticas alternativas e renováveis disponíveis no país. O desenvolvimento tecnológico é outro fator que também contribui para um futuro promissor de controle no âmbito energético. Devido ao aumento constante na demanda de combustíveis, a expansão da frota veicular brasileira e a expectativa de aumento gradativo na quantidade de biodiesel adicionada ao diesel convencional, a produção, e o conseqüente consumo do biodiesel, no Brasil, elevam as expectativas acerca do crescimento desse biocombustível no mercado (CREMONEZ *et al.*, 2015).

Dentre as fontes de biomassa prontamente disponíveis, óleos e gorduras de origem vegetal e animal têm sido largamente investigados como candidatos a programas de energia renovável. Isso porque possibilitam a geração descentralizada de energia e é um forte apoio à agricultura familiar, pois cria melhores condições de vida em regiões carentes, valoriza potencialidades regionais e oferece alternativas a problemas econômicos e socioambientais de difícil solução (RAMOS *et al.*, 2017).

Os óleos e gorduras são compostos por carbono, hidrogênio e oxigênio que se assemelham estruturalmente quanto à presença de triacilglicerídeos (TAG) de ácidos graxos, mas que se diferenciam pelo tipo e disposição desses ácidos quando combinados com o glicerol. As gorduras (sólidas em temperatura ambiente) são compostas principalmente por triacilglicerídeos de ácidos graxos saturados, enquanto os óleos (líquidos em temperatura ambiente) têm a maior parte formada por triacilglicerídeos de ácidos graxos insaturados. Cerca de 90% dos óleos vegetais produzidos no mundo são compostos de ácidos graxos de cadeia longa, principalmente os ácidos linoleico, esteárico, palmítico e oleico (SALVADOR *et al.*, 2016).

O biocombustível é o combustível que não possui origem fóssil, mas biológica. Ele é fabricado a base de produtos vegetais como a cana-de-açúcar, a soja, o milho, a beterraba, ou a partir de resíduos florestais, ou de algas. O tipo de biocombustível produzido vai depender do produto da transformação em combustível, sendo os mais conhecidos a biomassa, o bioetanol, o biodiesel e o

biogás. Dependendo do álcool utilizado no processo será produzido o éster metílico ou etílico de ácidos graxos, (GOMES; SAMPAIO, 2017; FERREIRA, 2014).

As questões ambientais e a demanda energética da população mundial têm intensificado o interesse por fontes renováveis. Os resíduos agroindustriais tornaram-se uma fonte importante para a subutilização e produção de novos materiais, produtos e energia. O desenvolvimento de processos sustentáveis capazes de converter biomassa em vários produtos com valor agregado tem valor incomensurável a fim de aproveitar resíduos, gerar renda à população e reduzir os impactos ambientais negativos. Neste âmbito, surge o biodiesel como alternativa de redução da dependência dos combustíveis fósseis e da emissão de gases poluentes que podem influenciar no Efeito Estufa (NAZARENO, 2015).

Pode-se definir biocombustível como o combustível produzido a partir da transformação de distintos materiais orgânicos à disposição de uma forma renovável, podendo citar: produtos agrícolas, produtos florestais, resíduos agrícolas e florestais, algas e resíduos animais, dentre outros (CASCONI, 2007).

É possível obter diferentes biocombustíveis de diferentes matérias-primas por meio de diferentes processos, sejam térmicos, químicos ou bioquímicos. Com base em açúcares e amidos, que podem ser de cana-de-açúcar, mandioca, milho, beterraba e trigo, por exemplo, utilizam-se processos fermentativos que produzem etanol, butanol, etil, éter e outros produtos químicos (BALAT e BALAT, 2009).

Com base na biomassa, podendo ser bagaço de cana, madeira, resíduos orgânicos e de fazendas, por exemplo, são utilizados processos de gaseificação e de fermentação, podendo obter o biodiesel de forma renovável, além do etanol, butanol, metanol, dimetileter e outros produtos (LUZ JR *et al.*, 2009).

Atualmente, a biomassa tornou-se uma alternativa na diversificação da matriz energética mundial, resultando na diminuição da dependência de combustíveis fósseis. Apesar de ainda não ser expressiva nessa matriz, somente 13% do consumo mundial de energia primária, a biomassa é uma das fontes com maior potencial de crescimento na produção de energia nos próximos anos (SANTOS; NASCIMENTO; ALVES, 2017; IEA, 2012).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização da área experimental

O experimento foi realizado na safra de verão de 2021-2022, no sítio Girassol, no município de Cascavel - PR, Brasil, com as coordenadas geográficas de 24°51'17.0"S (latitude Sul), 53°25'59.2"W (longitude Oeste) e à altitude média de 781 metros acima do nível do mar.

O clima é classificado como Cfa, que segundo a classificação de Köppen, é o tipo climático subtropical, com temperatura média do mês mais frio inferior a 18°C e temperatura média do mês mais quente maior que 22°C, com mais de 30 mm de chuva no mês mais seco (NITSCHKE *et al.*, 2019).

Nos últimos 5 anos, o local de estudo é área de cultivo de milho, mandioca e aveia, e a adubação é realizada na formulação 10-15-15 (N-P₂O₅-K₂O) quando necessário para o milho. Anteriormente, por muitos anos, essa área era utilizada no plantio convencional de soja e milho durante o ano. A produtividade na área é boa, com milho produzindo de 200 a 300 sacos por alqueire, sendo este para consumo próprio, para alimentação do gado, porcos e aves da propriedade.

O solo é classificado como Latossolo Vermelho Distroférico (EMBRAPA, 2006), e sua análise química foi realizada em pré-plantio com a amostragem de 10 pontos, 5 em cada área útil das parcelas, em profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm conforme Departamento de Ciência dos Solos de SP (ESALQ, 2021) apresentada na Tabela 1 e Tabela 2:

Tabela 1: Caracterização inicial dos atributos químicos do solo na profundidade de 0,0-0,20 m e 0,20, 0,40 m na Parcela 1, Cascavel – PR, 2021.

Profundidade (m)	P mg dm ⁻³	pH CaCl ₂	M.O. g dm ⁻³	Ca	Mg	K	H+Al	Al	SB	CTC
				-----Cmol _c dm ⁻³ -----						
0,20-0,40	1,05	4,80	21,07	2,42	0,80	0,08	6,69	0,18	3,32	10,01
Macronutrientes (m)	C g dm ⁻³	B	S	Fe	Mn			Cu		Zn
		-----mg dm ⁻³ -----								
0,20-0,40	12,25	0,15	14,63	32,20	15,00			8,10		0,90

Fonte: Solanálise Central de Análises LTDA, 2021.

Tabela 2: Caracterização inicial dos atributos químicos do solo na profundidade de 0,0-0,20 m e 0,20, 0,40 m na Parcela 2, Cascavel – PR, 2021.

Profundidade (m)	P mg dm ⁻³	pH CaCl ₂	M.O. g dm ⁻³	Ca	Mg	K	H+Al -----Cmol _c dm ⁻³ -----	Al	SB	CTC
0,20-0,40	1,43	4,60	21,72	2,28	0,76	0,08	7,20	0,40	3,12	10,32
Macronutrientes (m)	C g dm ⁻³	B	S	Fe	Mn	-----mg dm ⁻³ -----		Cu	Zn	
0,20-0,40	12,63	0,13	17,08	33,10	13,70			7,50	0,70	

Fonte: Solanalise Central de Análises LTDA, 2021.

3.2. Delineamento experimental

O delineamento experimental foi realizado em blocos casualizados (D.B.C.), com quatro repetições, no esquema fatorial 2 x 5 + 1. O primeiro fator foi constituído pelas fontes dos polímeros hidroabsorventes: ForthGel® e ForthGel® incorporado com Sulfato de Potássio para liberação controlada; o segundo fator foi constituído pelas doses: 15, 20, 30, 40 e 45kg de hidrogel por ha⁻¹; e a dose zero, ou testemunha (adicional), conforme metodologia proposta por Pelegrin *et al.* (2017), que utilizou as doses 0, 5, 10 e 20 kg ha⁻¹ na cultura da soja.

A área experimental foi constituída em 2 parcelas, cada uma com 10 linhas de 5 m de comprimento, espaçadas em 0,5 m entre linhas. A área útil da parcela foi composta pelas linhas centrais desprezando-se 0,5 m das extremidades das parcelas. A densidade de semeadura foi de 16 sementes por metro linear e o cultivo foi realizado no dia 26 de outubro de 2021.

A Figura 1 apresenta a Parcela 1 (doses de hidrogel incorporado com sulfato de potássio) da área experimental e como foi delimitada.

Figura 1 - Parcela 1 da área experimental (hidrogel incorporado com doses de hidrogel).



Fonte: O autor (2022).

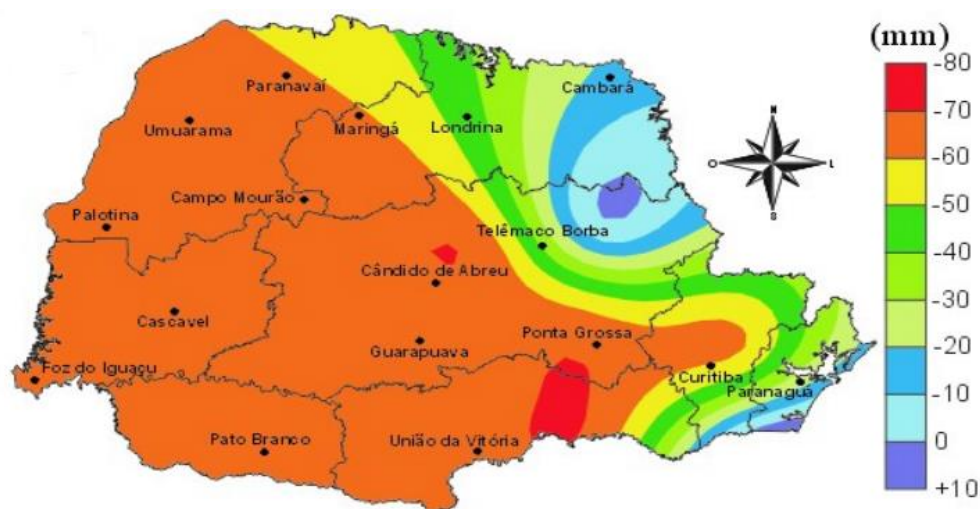
3.3. Pluviosidade

Um fator de extrema importância no cultivo de espécies produtoras de grãos é a pluviosidade da região, tanto na época de plantio, como durante os anos. Na região do estudo, em Cascavel – PR, de acordo com a estação meteorológica do IAPAR, choveu no período de outubro a novembro de 2020 apenas 64mm, época crucial para a germinação e desenvolvimento da soja, além de uma média de temperatura de 21,9 °C durante os primeiros 30 dias do cultivo.

Segundo informações da SEAB/DERAL -PR (2021), no período de dezembro de 2021, 30% das lavouras do oeste paranaense encontravam-se em condições médias e 13% encontram-se em condições ruins. O principal motivo, para essas condições desfavoráveis, foi a seca, reflexo do fenômeno “La Niña”, acompanhada de altas temperaturas, que afetou principalmente a metade Oeste do Estado do Paraná.

A Figura 2 apresenta o déficit hídrico de 60 a 70mm ocorrido na região do estudo na época de plantio e desenvolvimento da cultura.

Figura 2 : Déficit hídrico no Paraná em 20/12/2021.



Fonte: CONAB (2021).

3.4. Implantação e caracterização da cultura

O plantio foi realizado com o sistema de semeadura direta, de forma manual, aplicando os tratamentos com hidrogel e hidrogel incorporado a lanço sobre a linha de cultivo ao mesmo tempo do plantio. Além disso, foi utilizado a cultivar de soja BS 2606 IPRO (BASF) que, de acordo com a fabricante, possui agressividade radicular que confere tolerância em períodos de estresse hídrico e ao complexo de podridões radiculares. Possui flexibilidade em relação a diferentes populações de plantas em função de sua boa capacidade de engalhamento e resistência ao acamamento (BASF, 2022).

Não foi realizada adubação de pré-plantio, justamente para analisar de maneira mais concisa a diferença entre os tratamentos. Foi realizado o controle de plantas daninhas, pragas e doenças, conforme a necessidade da cultura durante todo o seu ciclo, por meio da capina e defensivos agrícolas.

A Figura 3 apresenta a limpeza realizada entre linhas de cultivo por meio da capina manual.

Figura 3- Limpeza da área experimental por capina.
Fonte: O autor (2022).



De acordo com a escala fenológica proposta por Fehr e Caviness (1981), foram feitas as seguintes avaliações das características fitotécnicas no estágio R9: o estande de planta (EP) (ha^{-1}), realizado através de três contagens do número de planta por metro linear dentro da parcela (REYNALDO *et al.*, 2015), altura de plantas (AP) (cm), feita com dez plantas aleatoriamente dentro da parcela útil, desde a superfície do solo, até a inserção do racemo do ápice da haste da principal planta, com a ajuda de uma fita métrica graduada em centímetros (BRASIL, 2009).

A Figura 4 apresenta a colheita da cultivar da soja BS 2606 IPRO, onde os grãos foram embalados em sacos de papel Kraft, separadas de acordo com seus respectivos tratamentos, e transportadas para o laboratório de sementes para realização das seguintes avaliações: massa de 100 grão (MMG) (g), realizada pela separação de 8 subamostras de 10 grãos por parcela, cujas massas foram determinadas com escala de sensibilidade de centésimos de grama (COSTA, 1982).

Figura 4 - Coleta e amostragem de grãos pós-colheita realizada manualmente.



Fonte: O autor (2022).

Foi realizada a Primeira Contagem da Germinação, efetuada em conjunto com a geminação, utilizando-se a mesma metodologia, computando-se a porcentagem de plântulas normais obtidas no quinto dia após a sementeira (BRASIL, 1992).

A Emergência das plântulas em campo foi realizada com três repetições de 32 sementes para cada lote em cada repetição, semeadas a 3 cm de profundidade, em sulcos com 2,0 m de comprimento, distanciados 50 cm entre si. A avaliação foi efetuada aos 21 dias após a sementeira, quando não foi observada emergência de novas plântulas, determinando-se a porcentagem de plântulas normais emergidas segundo os procedimentos descritos por Nakagawa (1994).

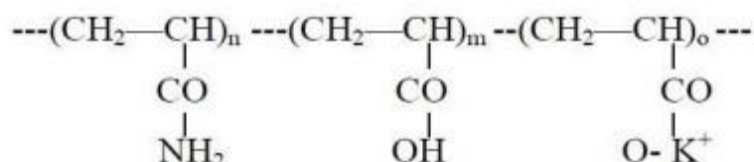
Foram selecionadas 12 plantas em cada uma das 3 repetições para medição da altura total, que foi realizada aos 40 dias após a sementeira, utilizando uma fita métrica em centímetros, medindo a altura das plantas do colo até o meristema apical.

Os dados foram submetidos à análise de variância, aplicando o teste F ao nível de 5% de probabilidade. Em seguida, foi realizada a regressão, utilizando o Software SISVAR® (FERREIRA, 2008).

3.5. Caracterização do hidrogel

Caracterização do Polímero O FortGel® é um copolímero de poliácrlato de potássio e possui estrutura molecular representada na Figura 5.

Figura 5: Estrutura química do polímero



Esse polímero foi caracterizado por Bezerra (2015), e possui elevada quantidade de acrilato de potássio em sua composição como pode ser visualizado na Tabela 3.

Tabela 3: Composição química e distribuição granulométrica do FortGel®

FortGel®	Fração Granulométrica (%)	Composição Química (%)
	> 24 mesh	37
	24 - 35 mesh	27
	35 - 48 mesh	9
	< 48 mesh	27
		K 99,181
		S 0,8191

Fonte: Adaptado de BEZERRA (2015).

3.5.1. Incorporação do Hidrogel

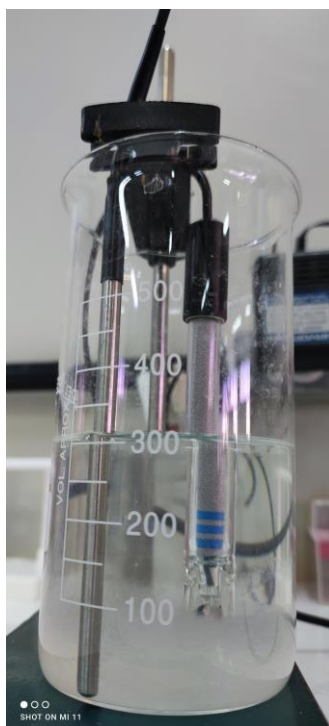
A distribuição granulométrica do FortGel® e o seu intumescimento também foram estudados por Bezerra (2015), que caracterizou as diferentes frações granulométricas do polímero com água destilada e em solução simulando o solo (SSS), conforme a Tabela 3, e determinou sua absorção de água como sendo de 429 ml para cada 1 g do polímero seco em um tempo de aproximadamente 10 minutos.

O hidrogel foi posto em contato com água, solução aquosa 100mL de Sulfato de Potássio com concentrações equivalentes a 111g L⁻¹, e deixados incorporar até atingir o estado de equilíbrio em temperatura de 30°, 35° e 40° em balança determinadora durante 4 horas. Os teores de nutrientes fixados foram calculados por

meio da diferença entre os teores de nutrientes na solução inicial e os teores remanescentes após a retirada dos hidrogéis. Durante a hidratação também foi analisado o efeito do íon sulfato no hidrogel através do condutímetro.

As medições de condutividade foram realizadas de 15 em 15 minutos durante 4 horas até verificar que não havia mais alterações do valor de íons, conforme apresentado na Figura 6.

Figura 6 - Análise de condutividade da solução de hidrogel com sulfato de potássio.



Fonte: O autor (2022)

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Primeira contagem da germinação

As Figuras 3 e 4 apresentam as médias de germinação das repetições e tratamentos com hidrogel com sulfato incorporado, apenas hidrogel e as testemunhas sem nenhum hidrogel.

Figura 7 - Médias da primeira contagem da germinação e germinação final dos tratamentos com doses de hidrogel com sulfato de potássio incorporado e a dose zero testemunha.

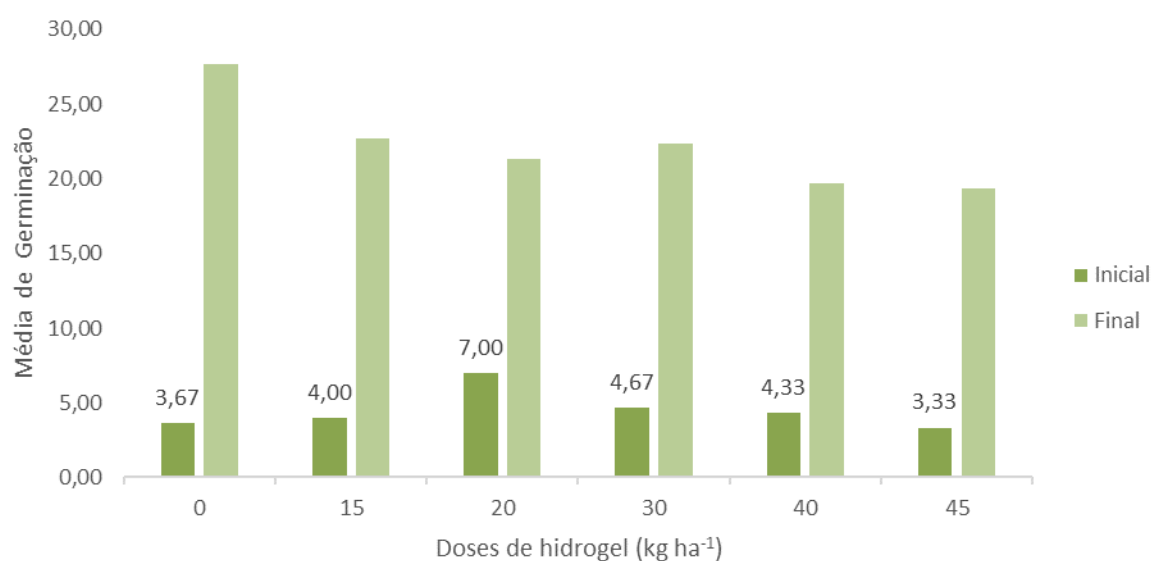
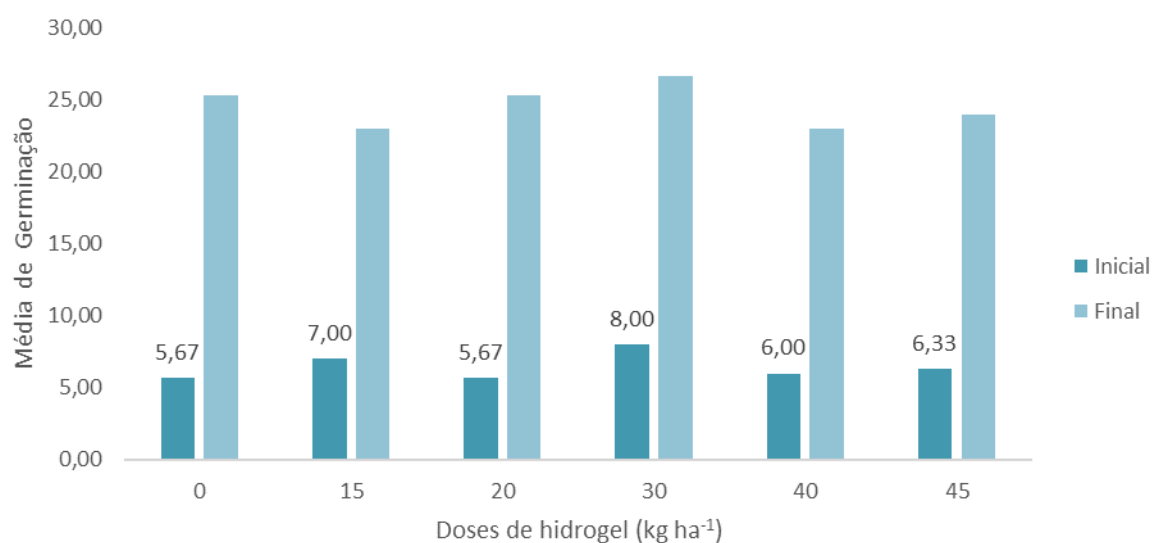


Figura 8 - Médias da primeira contagem da germinação e germinação final dos tratamentos com doses hidrogel e a dose zero testemunha.



É possível perceber que a germinação inicial e final dos tratamentos com doses de hidrogel com sulfato de potássio incorporado possuem médias mais baixas em relação aos demais tratamentos, principalmente nas doses mais altas de 30, 40 e 45 kg ha⁻¹. Isso pode ter ocorrido devido ao déficit hídrico ocorrido na região durante a época de plantio da cultura, de outubro a dezembro, pois o hidrogel aplicado absorveu pouca água presente no solo e acabou não liberando para as sementes. E isso comprometeu também a contagem de germinação final e densidade de plantas por área. O tratamento, porém, de 20 kg ha⁻¹ com hidrogel incorporado com sulfato de potássio obteve médias superiores às doses zero testemunha sem nenhum hidrogel, o que leva a indicar que, mesmo em estresse hídrico, o hidrogel contribuiu para a germinação inicial em uma época de seca.

Resultado semelhante foi encontrado por Abraão (2020), onde em doses mais elevadas de hidrogel na soja houve uma redução no stand para a população de plantas. De acordo com o autor, esse comportamento pode estar relacionado à diversos fatores, como os ambientais, onde a incidência pluviométrica variou entre 60 e 80 mm, e as altas temperaturas, em torno de 35° C nos meses de setembro e dezembro na safra 2018/2019.

Nos tratamentos apenas com doses de hidrogel, todas as médias foram superiores às testemunhas sem hidrogel, o que indica que a aplicação de hidrogel em estresse hídrico foi benéfica para a cultura na germinação inicial e refletiu na germinação final, obtendo as maiores médias deste estudo.

Observa-se, na Tabela 4, que a primeira contagem de germinação apresentou diferença mínima significativa estatisticamente, comparando as duas parcelas experimentais, com hidrogel incorporado com sulfato de potássio e apenas com hidrogel, sendo as maiores médias na Parcela 2, apenas com doses de hidrogel.

Tabela 4: Análise de variância com repetição das Parcelas 1 e 2 em relação a primeira contagem de germinação.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
REPETIÇÃO	2	62,22	3,11	1,41	0,2647
FERTILIZANTE	1	34,02	34,02	15,45	0,0007**
DOSES	5	15,80	3,16	1,43	0,2509
FERTILIZ*DOSES	5	22,47	4,49	2,04	0,1122
erro	22	48,44	2,20		
Total corrigido	35	126,97			
CV(%) =	27,12				
Média geral:	5,472		Número de observações:	36	

** significativo ao nível de 1 % de probabilidade ($p < 0,01$) pelo teste F.

A análise do desdobramento das parcelas na Tabela 5, dentro de cada nível de doses, apresenta os tratamentos com diferença mínima significativa, sendo as doses de 15, 30 e 45 kg ha⁻¹ de hidrogel superiores às de hidrogel incorporado com sulfato de potássio.

Tabela 5: Análise de variância do desdobramento das parcelas, dentro de cada nível de doses, em relação a primeira contagem de germinação.

FV	DOSES	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
FERT	0	1	6,00	6,00	2,73	0,1130
FERT	15	1	13,50	13,50	6,13	0,0215*
FERT	20	1	2,67	2,67	1,21	0,2830
FERT	30	1	16,67	16,67	7,57	0,0117*
FERT	40	1	4,17	4,17	1,89	0,1828
FERT	45	1	13,50	13,50	6,13	0,0215*
Erro		22,00	48,44	2,30		

* significativo ao nível de 5 % de probabilidade ($p < 0,05$) pelo teste F.

Apesar do tratamento com dose de 20 kg ha⁻¹ de hidrogel incorporado com sulfato de potássio ter alcançado a média de 7 plantas germinadas, não houve diferença mínima significativa estatisticamente conforme o DMS encontrado, em relação as doses com apenas hidrogel, apresentado na Tabela 6.

Tabela 6: Médias de germinação de sementes de soja após 5 dias, em função dos tratamentos com doses de hidrogel e hidrogel incorporado com sulfato de potássio.

Doses	0	15	20	30	40	45
	Médias Sementes Germinadas					
Hidrogel	5,66 a	7,00 a	5,66 a	8,00 a	6,00 a	6,33 a
Hidrogel + Sulfato	3,66 a	4,00 b	7,00 a	4,66 b	4,33 a	3,33 b
Teste t	2,725ns	6,131*	1,211ns	7,569*	1,892ns	6,131*
DMS	-	-	2,512	-	-	-
Erro padrão	-	-	0,856	-	-	-

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%;

* significativo ao nível de 5 % de probabilidade ($p < 0,01$) pelo teste F; ns= não significativo ($p \geq 0,05$).

Os dados apresentados no estudo corroboram aos de Pelegrin *et al.* (2017) onde as doses de 15 e 20 kg ha⁻¹ obtiveram as maiores médias de germinação inicial.

4.2. Altura total

A medição da altura das plantas foi realizada aos 40 dias após a semeadura, utilizando uma fita métrica em centímetros, medindo a altura das plantas do colo até o meristema apical, conforme Figura 5.

Figura 9: Medição de plantas com fita métrica em centímetros.



Fonte: O autor (2022).

A Tabela 7 apresenta a análise estatística dos dados, demonstrando não haver diferença mínima significativa nas médias dos tratamentos e doses.

Tabela 7: Médias de altura demonstrando não haver diferença mínima significativa nos testes de Tukey e f de Student a 5%.

Doses	0	15	20	30	40	45
	Altura Total (cm)					
Parcela 1	25,45 a	26,00 a	24,75 a	24,33 a	21,00 a	27,17 a
	25,36 a	24,25 a	22,67 a	20,67 a	21,83 a	22,25 a
	26,00 a	24,75 a	25,75 a	22,67 a	24,92 a	17,83 a
Parcela 2	22,33 a	22,83 a	22,58 a	26,00 a	22,08 a	22,58 a
	24,67 a	22,33 a	23,58 a	27,67 a	25,50 a	22,42 a
	23,46 a	26,42 a	24,83 a	25,17 a	23,08 a	23,17 a

Médias de 12 plantas de cada parcela com 3 repetições para cada dose. Médias acompanhadas da mesma letra não possuem diferença mínima estatisticamente.

Essas variáveis também demonstram que o hidrogel possibilita maior desenvolvimento das mudas, principalmente na ausência de adubação ou em menores dosagens. Já dosagens acima de 100% causam diminuição da massa seca, tanto aérea como radicular. Este comportamento benéfico do uso dos hidrogéis, observado nessas variáveis, também é comentado por Azevedo *et al.* (2002), em que os autores mencionam que a presença de hidrogéis no solo otimiza a disponibilidade de água, reduz as perdas por percolação e lixiviação de nutrientes e melhora a aeração e drenagem do solo, acelerando o desenvolvimento do sistema radicular e da parte aérea das plantas (NAVROSKI, 2016).

Em mudas de Eucalipto, quando adicionado ao substrato em que as mudas foram produzidas, Navroski (2014) observou que a adição de polímeros, proporcionou uma melhoria em diversas características das plantas como (altura, diâmetro do coleto, massa seca da parte aérea e radicular), além de verificar que o teor de macronutrientes na parte aérea foi aumentado na presença do polímero. Sousa (2013), porém, não verificou efeitos positivos na qualidade de mudas de Angico ao adicionar um polímero superabsorvente, não recomendando inclusive o seu uso para a espécie.

Hafle (2008) avaliou os efeitos do polímero hidroabsorvente na produção de mudas do maracujeiro-doce e nas variáveis (número de folhas, comprimento da raiz, número de raízes, massa seca da parte aérea e total das estacas), concluindo que a adição do polímero foi eficiente na propagação de mudas, porém em doses menores, recomendando inclusive a dose de 4,5 g.L⁻¹.

4.3. Número plantas por área

A estimativa de plantas por área foi realizada pelo número de plantas por metro linear dividido pelo espaçamento entre linhas, multiplicado por 10, para valores de mil plantas por ha.

Não houve diferença mínima significativa entre os tratamentos e parcelas para o número de plantas por área, que ficou determinado conforme a Tabela 8.

Tabela 8: Médias de número de plantas por área em função dos tratamentos com doses hidrogel incorporado com sulfato de potássio e apenas doses de hidrogel.

Doses	0	15	20	30	40	45
Plantas por área (mil por ha)						
Parcela 1	276,67	226,67	213,33	223,33	196,67	193,33
Parcela 2	253,33	230,00	253,33	266,67	230,00	240,00

Fonte: O autor (2022).

Na Parcela 1, todos os tratamentos com hidrogel incorporado com sulfato de potássio obtiveram médias inferiores ao controle sem doses. Isso pode ser reflexo da baixa germinação inicial ocorrida devido a fatores ambientais, como a baixa média de pluviosidade na época de plantio.

Na Parcela 2, não houve grande diferença de médias entre os tratamentos e ao controle.

4.4. Produção total e massa de 100 grãos

Para a produção total foi utilizada a fórmula de: Plantas/hectare (mil/ha) multiplicado por vagens/planta multiplicado grãos/vagem multiplicado por peso de 100 grãos.

A massa de 100 grãos dos tratamentos foi realizada em base das 3 repetições de cada tratamentos, incluindo as testemunhas, e não houve diferença mínima significativa entre os tratamentos e parcelas, conforme Tabela 9.

Tabela 9- Médias de massa de 100 grão sem função dos tratamentos com doses hidrogel incorporado com sulfato de potássio e apenas doses de hidrogel.

Doses	0	15	20	30	40	45
Massa de 100 grãos						
Parcela 1	170	160	130	150	160	170
Parcela 2	140	150	140	150	150	160

Parcela 1: Hidrogel incorporado com doses de sulfato de potássio, Parcela 2: Doses de hidrogel, doses zero testemunhas dentro de cada parcela.

Observa-se, na Tabela 10, que a produção total apresentou diferença mínima significativa estatisticamente, comparando as duas parcelas experimentais, com

hidrogel incorporado com sulfato de potássio e apenas com hidrogel, sendo as maiores médias na Parcela 2, com doses de hidrogel.

Tabela 10 : Análise de variância com repetição das Parcelas 1 e 2 em relação a produção total.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
FERTILIZANTE	1	912,1400	912,1400	5,0060	0,0348*
REPETIÇÃO	5	2.290,7200	458,1450	2,5140	0,0576
PARCELA*REPET	5	1.756,4400	351,2890	1,9280	0,1269
erro	24	4.373,3900	182,2240		
Total corrigido	35	9.332,7120			
CV (%) =	25,98				
Média geral:	51,956	Número de observações:		36	

* significativo ao nível de 5 % de probabilidade ($p < 0,05$) pelo teste F.

A análise do desdobramento das parcelas, na Tabela 11, dentro de cada nível de doses, apresenta os tratamentos com diferença mínima significativa, sendo as doses de 30 e 40 kg ha⁻¹ de hidrogel superiores as de hidrogel incorporado com sulfato de potássio.

Tabela 11 : Análise de variância do desdobramento das parcelas, dentro de cada nível de doses, em relação a produção total.

FV	TRATAMENTO	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
FERT	T0	1	80,154	80,154	0,440	0,5135
FERT	T1	1	113,535	113,535	0,623	0,4376
FERT	T2	1	98,010	98,010	0,538	0,4704
FERT	T3	1	929,521	929,521	5,095	0,0334*
FERT	T4	1	938,500	938,500	5,150	0,0325*
FERT	T5	1	509,866	509,866	2,798	0,1074
Erro		24,00	4.373,396	182,22		

* significativo ao nível de 5 % de probabilidade ($p < 0,05$) pelo teste F.

É possível observar, na Tabela 12, a diferença mínima significativa nas médias dos tratamentos das parcelas com hidrogel e hidrogel + sulfato de potássio, onde as doses de 30 e 40 kg ha⁻¹ citadas anteriormente se destacam.

Tabela 12 : Médias de produção total, em função dos tratamentos com doses de hidrogel e hidrogel intumescido com sulfato de potássio.

Doses	0	15	20	30	40	45
	Médias Produção Total					
Hidrogel	39,72 a	58,99 b	50,14 a	62,40 a	58,99 a	71,68 a
Hidrogel + Sulfato	47,03 a	67,69 a	42,06 a	37,52 b	33,98 a	53,24 b
Teste t	0,440ns	0,623ns	0,538ns	5,095*	5,150*	2.798ns
DMS	-	-	22,748	-	-	-
Erro padrão	-	-	0,856	-	-	-

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

* significativo ao nível de 5 % de probabilidade ($p < 0,01$) pelo teste F; ns= não significativo ($p \geq 0,05$).

Os dados corroboram com os estudos de Minosso *et al.* (2021) onde doses superiores a 10 kg ha^{-1} de hidrogel incrementaram a produtividade e a massa de grãos de soja, e para Pelegrin *et al.* (2017) com uso de 15 kg ha^{-1} alcançando maior eficiência técnica no rendimento de grãos, massa de mil grãos e número médio de grãos por vagem.

O tratamento com dose de 15 kg ha^{-1} de hidrogel incorporado com sulfato de potássio foi o único que obteve a média acima do tratamento apenas com hidrogel, essa diferença, porém, não foi significativa estatisticamente conforme do DMS encontrado.

Um dos fatores mais limitantes ao uso desses polímeros é o seu custo elevado. Porém podem ser obtidos resultados positivos com doses baixas. Estudo com *Anadenanthera peregrina* (L.) Speg demonstrou que dosagens baixas do polímero hidrorretentor (menor de 4 g.L^{-1}) podem melhorar a qualidade das mudas, não sendo recomendadas doses muito altas para a espécie (SOUZA *et al.*, 2013).

Moreira *et al.* (2010) constataram que a incorporação do polímero hidrorretentor ao substrato favoreceu o desenvolvimento de mudas de amoreira (*Morus sp.*).

Bernardi *et al.* (2012) verificaram maior crescimento da parte aérea em mudas de eucalipto (*Corymbia citriodora* F. Muell) que foram produzidas utilizando esse polímero.

Em relação ao uso de Enxofre, nos estudos de Moda *et al* (2013), a aplicação de sulfato no solo melhorou o estado nutricional da cultura da soja em potássio, cálcio e enxofre e aumentou o teor de óleo nos grãos da soja tanto com, ou sem adubação potássica.

Tais fatos evidenciam que a utilização de polímero hidroabsorvente melhora as características produtivas de algumas espécies, inclusive das leguminosas, pelo fato de que as raízes destas crescem por dentro dos grânulos do polímero hidratado, havendo maior desenvolvimento dos pêlos radiculares, proporcionando maior superfície de contato com a fonte de água e nutrientes, facilitando a absorção e,

consequentemente, o desenvolvimento e produção dos grãos (PELEGRIN *et al.*, 2017).

Apesar do déficit hídrico que ocorreu na região na época de plantio, os tratamentos se mostraram eficazes no desenvolvimento e produção da soja, alcançando valores médios de produção de até 71 sacas por hectare no tratamento de 45 kg ha⁻¹ de hidrogel e de 67 sacas por hectare no tratamento de 15 kg ha⁻¹ de hidrogel incorporado com sulfato de potássio.

5. CONCLUSÕES FINAIS

Os tratamentos apresentaram diferença mínima significativa entre as parcelas em relação à primeira contagem de germinação nas doses de 15, 30 e 45 kg ha⁻¹ de hidrogel.

Em relação à altura total, plantas por área e massa de 100 grãos não foi encontrada diferença mínima significativa entre as doses e tratamentos.

Na produção total, as doses de 30 e 40 kg ha⁻¹ de hidrogel tiveram diferença mínima significativa em relação às doses com sulfato de potássio.

As maiores produções de soja foram nos tratamentos de 45 kg ha⁻¹ de hidrogel, com 71 sacas de soja, e de 15 kg ha⁻¹ de hidrogel incorporado com sulfato de potássio, com 67 sacas de soja por hectare.

6. BIBLIOGRAFIA

[EMBRAPA]. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Tecnologias de Produção de Soja - Região Central do Brasil 2014. Londrina: **Embrapa Soja**, n.16, 2013. 265p.

[EMBRAPA]. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Tecnologias de Produção de Soja – Sistemas de Produção 2020. Londrina: **Embrapa Soja**, 1ª Ed, n.17, 2020. 347p.

[EMBRAPA]. Embrapa. Sistema brasileiro de classificação dos solos. 2 ed. Rio de Janeiro: **EMBRAPA-SPI**; 2006. 306 p.

ABOBATTA, Waleed. Impact of hydrogel polymer in agricultural sector. **Adv Agr Environ Sci**, v. 1, n. 2, p. 59-64, 2018.

ABRAÃO, P. C. *et al.* Influência de Hidrogel em Caracteres Fitotécnicos da Soja. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 8, p. 54287-54303, 2020.

AHMED, E. M. Hydrogel: Preparation, characterization, and applications: A review. **Journal of advanced research**, v. 6, n. 2, p. 105-121, 2015.

AOUADA, F. A.; MOURA, M. R. D.; MENEZES, E. D. A.; NOGUEIRA, A. R. D. A.; MATTOSO, L. H. C. Síntese de hidrogéis e cinética de liberação de amônio e potássio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 1643-1649, 2008.

ARTUZO, F. D.; FOGUESATTO, C. R.; SOUZA, A. R. L.; SILVA, L. X. Gestão de custos na produção de milho e soja. **Revista Brasileira de Gestão de Negócios**, v. 20, n. 2, p. 273-294, 2018.

AZEVEDO, T. L. F. *et al.* Níveis de polímero superabsorvente, frequência de irrigação e crescimento de mudas de café. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 24, n. 5, p. 1239-1243, 2002.

BAILEY-SERRES, J.; PARKER, J.E.; AINSWORTH, E.A.; OLDROYD, G.E.D.; SCHROEDER, J.I. Genetic strategies for improving crop yields. **Nature**, v. 575, p.109-118, 2019.

BALAT, M.; BALAT, H. Recent trends in global production and utilization of bio-ethanol fuel. **Applied Energy**, n. 86, p. 2.273-2.282, 2009.

BASF. Produtos para Agricultura BASF - Herbicidas, Fungicidas, Inseticidas - **BS 2606 IPRO**, 2022. Disponível em: < <https://agriculture.basf.com/br/pt/protecao-de-cultivos-e-sementes/produtos/soytech/SoyTech/BS-2606-IPRO.html>>. Acesso em: 15 junho de 2022.

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.

BERTAGNOLLI, P.; STRIEDER, M.; VERNETTI JUNIOR, F. DE J.; SANTOS, F. DOS, COSTA, L.; STECKLING, C.; SUZUKI, S. Desempenho de Cultivares de Soja Transgênica (Intacta e RR1) na Macrorregião Sojicola 1, Avaliadas na Safra 2013/14 pela Rede Soja Sul de Pesquisa, **40ª Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul - Atas e Resumos**, 2015.

BEZERRA, Maslândia Nogueira. **Hidrogéis superabsorventes compósitos de poli(acrilamida-co-acrilato de potássio) e carbonatos para aplicação agrícola**. 2015. 140 f. Tese (Doutorado em Química) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015

BORGHETTI, J. R.; SILVA, W. L. C.; NOCKO, H. R.; LOYOLA, L. N.; CHIANKA, G. K. (Ed.). **Agricultura irrigada sustentável no Brasil**: identificação de áreas prioritárias. Brasília, DF: FAO, 2017. 243 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DND/CLAV, 2009. 365p

BRASIL. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 1992. 365p

BROCH, D. L.; PAVINATO, P. S.; POSSENTTI, J. C.; MARTIN, T. N.; DEL QUIQUI, E. M. Produtividade da soja no cerrado influenciada pelas fontes de enxofre. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, p. 791-796, 2011.

CÂMARA, S. M. G. **Introdução ao agronegócio soja**. USP/ESALQ – Departamento de Produção Vegetal, São Paulo, 2015.

CAMARGO, D. C. Conservação, uso racional e sustentável da água. **Manejo da Irrigação: como, quando e quanto irrigar?** Fortaleza: INOVAGRI/IFCE, 2016. 35p.

CASCONE, R. Biofuels: what is beyond ethanol and biodiesel? **Hidrocarbon Processing**, p. 95-109, 2007.

CASTRO, R. F. B.; FERREIRA, R. C. **Uso do hidrogel na cultura do coentro**. Anais CONADIS... Campina Grande: Realize Editora, 2018. Disponível em: <<https://www.editorarealize.com.br/index.php/artigo/visualizar/50889>>. Acesso em: 15 novembro 2020.

CAVALLI, E.; LANGE, A. Efeito residual do Potássio no sistema de cultivo soja-milho safrinha no cerrado Mato-Grossense. **Revista Cultura Agrônômica**. v.27, n.2, p.310–326, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.32929/2446-8355.2018v27n2p310-326>. Acesso em: 28 julho 2021

CAVIGLIONE, J. H.; KIIHL, L. R. B.; CARAMORI, P. H.; OLIVEIRA, D. **Cartas climáticas do Paraná**. Londrina: IAPAR, 2000. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=597>>. Acesso em: 15 novembro 2020.

COELHO, S. L. **Desenvolvimento e caracterização de hidrogel para liberação de nitrofurazona**. 2012. 84 f. Dissertação (Mestrado em ciências farmacêuticas) – Faculdade de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade de Sorocaba, Sorocaba, 2012.

CONAB. **HISTÓRICO DA SOJA – PARANÁ**. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-e-extrativista/analise-regional-do-mercado-agropecuario/analise-regional-pr-soja>>. Acesso em: 16 maio 2022.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Evolução dos custos de produção de soja no Brasil**. Brasília: Conab, v. 2, 2016.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos (2021) – safra 2020/2021**. Disponível em:

<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos/item/16558-boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 31 agosto 2021.

CONAB. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos**. Brasília, v. 5 -Safra 2017/2018, n.10. Décimo levantamento. 2019.

COSTA, J. A.; MARCHEZAN, E. **Características dos estádios de desenvolvimento da soja**. Campinas: Fundação Cargill, 1982. 30p.

CREMONEZ, P. A.; FEROLDI, M.; FEIDEN, A.; TELEKEN; J. G.; GRIS, D.J.; DIETER, J.; ROSSI, E.; ANTONELLI, J. Current scenario and prospects of use of liquid biofuels in South America. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 43, p. 352-362, 2015.

CULTIVAR. Como fazer uma boa segunda safra. Grandes Culturas – Milho. **Revista Cultivar**, 2015.

DALL'AGNOL, A. A Embrapa Soja no contexto do desenvolvimento da soja no Brasil: histórico e contribuições. Brasília, DF: **Embrapa**, 2016.

DOMINGOS, C. S., LIMA, L. H. S., BRACCINI, A. L. Nutrição mineral e ferramentas para o manejo da adubação na cultura da soja. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 14, n. 3, p. 132-140, 2015.

DORSA, R. **Tecnologia de óleos vegetais**. 1. ed. São Paulo: Ideal, 2004. 463p.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas. Londrina: **Editora Planta**, n.2, p.169-201, 2006.

ESALQ. Instruções para Coleta e Remessa de Amostras. Departamento de Ciência dos Solos. **AMOSTRAGEM DE SOLOS**, 2021. Disponível em: <http://www.esalq.usp.br/departamentos/iso/coleta.htm>. Acesso em 31 agosto 2021.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. Stages of soybean development. **Ames**: Iowa State University of Science and Technology, 1981. 12 p.

FERRARI, E.; PAZ, A.; SILVA, A. Déficit hídrico no metabolismo da soja em semeaduras antecipadas no Mato Grosso. **Nativa**, v3, n.1, p. 67-77, 2015.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, v. 6, p. 36-41, 2008.

FERREIRA, E. A.; SILVA, V. A.; SILVA, E. A.; SILVEIRA, H. R. O. Eficiência do hidrogel e respostas fisiológicas de mudas de cultivares apirênicas de citros sob déficit hídrico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.44, n.2, p.158-165, 2014.

FERREIRA, M. E.; CHAVES NETO, A.; COSTA, P. A. B.. Exergy Evaluation of the Publication Process of Babassu Biodiesel Synthesized via Methanolic and Ethanolic Route. **Journal of Applied Science and Technology**, v. 3, p. 204-219, 2014.

FIDELIS, R. R.; LOPES, M. B. S.; MARTINEZ, R. A. S.; MARQUES, K. B.; AGUIAR, R. W. S; VELOSO, D. A. Influência do uso do hidrogel no cultivo da soja sob estresse hídrico. **Bioscience Journal**, v. 34, n. 5, p. 1219-1224, 2018.

FOIS, D. A. F.; DO CARMO LANA, M.; VERA, L. R. Q.; ALVAREZ, J. W. R.; ROJAS, C. A. L.; TIECHER, T. Efeito do gesso agrícola na disponibilidade de enxofre e no rendimento da soja e milho safrinha. **Revista Cultivando o Saber**, v. 10, n. 3, p. 35-47, 2017.

FOLLI- PEREIRA, M.S.; MEIRA- HADDAD, L.S.; BAZZOLLI, D.M.S.; KASUYA, M.C.M. Micorriza arbuscular e a tolerância das plantas ao estresse. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 1663-1679, 2012.

GABRIEL, S. G.; BUENO, A. C.; DOS SANTOS, R. F. RESPOSTA DA SOJA (*Glycine max*) À DUAS DIFERENTES FONTES DE POTÁSSIO. **Revista UNINGÁ Review**, v. 25, n. 1, 2016.

GAVA, R., FRIZZONE, J., SNYDER, R., ALMEIDA, B., FREITAS, P. E REZENDE, R. Estratégias de manejo de déficit hídrico na irrigação da cultura da soja. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v.10, n.3, p.305-315, 2016.

GAZZONI, D. L. A soja no Brasil é movida por inovações tecnológicas. **Ciência e Cultura**, v. 70, n. 3, p. 16-18, 2018.

GAZZONI, D. L. **Sustentabilidade da soja no Brasil**. VI Congresso Brasileiro de soja. Cuiabá, 2012.

GILBERT, C. *et al.* Effects of hydrogels on soil moisture and growth of *Cajanus cajan* in semi-arid zone of Kongelai, West Pokot County. **Open Journal of Forestry**, v. 4, n. 1, p. 34, 2014.

GOMES, C. A.; SAMPAIO, SILVA, J. Biocombustíveis: a caminho de uma "sociedade de reciclagem". **e-Pública: Revista Eletrônica de Direito Público**, v. 4, n. 2, p. 389-418, 2017.

GUILHERME, M. R. *et al.* Superabsorbent hydrogels based on polysaccharides for application in agriculture as soil conditioner and nutrient carrier: A review. **European Polymer Journal**, v. 72, p. 365-385, 2015.

HAFLE, Oscar M. *et al.* Produção de mudas de maracujazeiro-doce através da estaquia utilizando polímero hidrorretentor. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 3, n. 3, p. 232-236, 2008.

NITSCHKE, P.R.; CARAMORI, P.H.; RICCE, W.S.; PINTO, L.F.D. **Atlas Climático do Estado do Paraná**. Londrina, PR: IAPAR, 2019. Disponível em: <<https://www.idrparana.pr.gov.br/Pagina/Atlas-Climatico>>.

IEA–International Energy Agency, 2012. Disponível em <www.iea.org>

KAPPES, C.; ZANCANARO, L.; DE JESUS, F. V.; ARTUR, E.; FRANCISCO, B. Fornecimento de Enxofre no Sistema de Cultivo Soja-Milho. **XXXIV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, Florianópolis, 2013.

KLAHOLD, C. A. *et al.* Resposta da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) à ação de bioestimulante. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 28, n. 02, p. 179-185, 2006.

KLEIN, C.; KLEIN, V. A. Estratégias para potencializar a retenção e disponibilidade de água no solo. **Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas**, v. 19, n. 1, p. 21-29, 2015.

LAS SCHAAB, Luana. Impacto dos efeitos El Niño e La Niña sobre o setor agrícola brasileiro: uma análise de insumo-produto. **Revista da FAE**, v. 21, n. 2, p. 131-146, 2018.

LAVRES JÚNIOR, J.; MONTEIRO, F. A.; SCHIAVUZZO, P. F. Concentração de enxofre, valor SPAD e produção do capim- Marandu em resposta ao enxofre. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 3, n. 3, p. 225-231, 2008.

LEITE, D., SANTOS, R. F., BASSEGIO, D., DE SOUZA, S. N. M., SECCO, D., GURGACZ, F., DA SILVA, T. R. B. Emissions and performance of a diesel engine affected by soybean, linseed, and crambe biodiesel. **Industrial Crops and Products**, v. 130, p. 267-272, 2019.

LE MOS, M. L. F., GUIMARÃES, D. D., MAIA, G. B. D. S., AMARAL, G. F. **Agregação de valor na cadeia de soja**. 2017.

LI, S.; TIAN, Y.; WU, K.; YE, Y.; YU, J.; ZHANG, J.; HARBERD, N. P. Modulating plant growth–metabolism coordination for sustainable agriculture. **Nature**, v. 560, p. 595-600, 2018.

LOPES, M. B. S. TAVARES, T. C. O.; VELOSO, D. A.; SILVA, N. C.; FIDELIS, R. R. Cowpea bean production under water stress using hydrogels. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.47, n.1, p.87-92, 2017.

LUZ JR, L. F. D. L., KAMINSKI, M., KOZAK, R. H., NDIAYE, P. M. Bioetanol, biodiesel e biocombustíveis: perspectivas para o futuro. **IPEA Regional, urbano e ambiental**, v.3, dez. 2009.

MALAVOLTA, E. **Avaliação do estado nutricional das plantas**: Princípios e aplicações. 2 ed., Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.

MALAVOLTA, E. **Nutrição mineral e adubação da soja**. Série Divulgação Técnica Ultrafértil, Piracicaba: ESALQ/USP, 1980. 40p.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - MAPA - Brasil. **Portaria Nº 16, de 20 de julho de 2017**. Aprova o ZARC para o Estado do Paraná. Brasília, Diário Oficial da União de 21 de julho de 2017.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA.
AGROSTAT – **Estatísticas de Comércio Exterior do Agronegócio Brasileiro**, out.
2019.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2 ed.,
Londrina: ABRATES, 2015. 660p.

MARCOS FILHO, J. Seed vigor testing: an overview of the past, present and future
perspective. **Scientia agricola**, v. 72, p. 363-374, 2015.

MARINHO, H. Susana. **Bioquímica do Enxofre**. 1 ed, Lisboa: Associação de
Estudantes da Faculdade de Ciências de Lisboa, abril de 2003. 54p.

MELLO, E. S. de; BRUM, A. L. A CADEIA PRODUTIVA DA SOJA E ALGUNS
REFLEXOS NO DESENVOLVIMENTO REGIONAL DO RIO GRANDE DO
SUL. **Brazilian Journal Of Development**, Curitiba, v. 6, n. 10, p. 74734-74750, out.
2020.

MINOSSO, Rafael Raul; SOSTISSO, Gabriel Luiz; DRANSKI, João Alexandre
Lopes. COMPONENTES DE RENDIMENTO E PRODUTIVIDADE DA SOJA
CULTIVADA COM HIDROGEL. **Revista Científica Rural**, v. 23, n. 1, p. 69-82, 2021.

MODA, L. R.; BORGES, B. M. M. N.; FLORES, R. A.; DOS SANTOS, C. L. R.; DE
MELLO PRADO, R.; DE SOUSA, J. I. Gessagem na cultura da soja no sistema de
plantio direto com e sem adubação potássica. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 7,
n. 2, p. 129-135, 2013.

MOREIRA, R. A.; RAMOS, J. D.; CRUZ. M. C. M; VILLAR, L.; HAFLE, O. M. Efeito
de doses de polímero hidroabsorvente no enraizamento de estacas de amoreira.
Revista Agrarian, Dourados, v. 3, n. 8, p. 133 - 139, 2010.

MOSSINI JUNIOR, D.; SILVA, F. S.; DALLACORT, R.; CARVALHO, M. A. C.;
MOSSINI, A. Modelo matemático para estimativa da temperatura e umidade relativa
média diurna do ar. **Enciclopédia Biosfera**, v.9, p.1479-1494, 2013.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. (Ed.). **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 164p.

NASCIMENTO, M.; MONTE, M. B. de M.; LOUREIRO, F. E. L. **Potássio**, In: **Rocha e Minerais Industriais**, CETEM - Centro de Tecnologia Mineral – Ministério da Ciência e Tecnologia, Coordenação de Processos Mineraiis, cap.8, p.173–199, 2005.

NASCIMENTO, S. M. Polímero de alta densidade e adubação foliar em palma orelha de elefante mexicana. 2019, 87 p. **Dissertação (Mestrado em Produção Animal)**. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2019.

NAVROSKI, M; ARAUJO, M; CUNHA, F. a S.; BERGHETTI, A; PEREIRA, M. Influência do polímero hidrorretentor na sobrevivência de mudas de *Eucalyptus dunnii* sob diferentes manejos hídricos. **Nativa**, v. 2, n. 2, p. 108-113, 2014.

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

NAVROSKI, M; ARAUJO, M; CUNHA, F. a S.; BERGHETTI, A; PEREIRA, M. Redução da adubação e melhoria das características do substrato com o uso do hidrogel na produção de mudas de *Eucalyptus dunnii maiden*. **Ciência Florestal**. v. 26, p. 1155-1165, 2016.

NAZARENO, J. C.; OLIVEIRA, G.G.; VIEIRA, G.E.G. Aproveitamento do Dendê para Produção de Biodiesel na Região Amazônica Brasileira. **Bioenergia em Revista: Diálogos**, v. 5, p. 1-10, 2015.

OLIVEIRA JUNIOR, A.; CASTRO, C.; OLIVEIRA, F. A.; JORDÃO, L. T. Adubação potássica da soja: cuidados no balanço de nutrientes. **Informações Agronômicas**. n. 143. Piracicaba: IPNI, 2013. 10 p.

OLIVEIRA JUNIOR, A.; CASTRO, C.; OLIVEIRA, F.A.; FOLONI, J.S.S. Marcha de absorção e acúmulo de macronutrientes em soja com tipo de crescimento indeterminado. In: Reunião de Pesquisa de Soja, 34., 2014, Londrina. **Anais...** Londrina: Embrapa Soja, 2014. p. 133-136.

OLIVEIRA, F. A. *et al.* **Exigências minerais e adubação**. Embrapa. 2019.

PBMC. **Base científica das mudanças climáticas. Contribuição do Grupo de Trabalho 1 do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas ao Primeiro Relatório da Avaliação Nacional sobre Mudanças Climáticas** [Ambrizzi, T., Araujo, M. (eds.)]. COPPE. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2014. 464p

PELEGRIN, A. J.; NARDINO, M.; FERRARI, M.; CARVALHO, I. R.; SZARESKI, V. J.; BELLE, R.; CARON, B. O.; SOUZA, V. Q. Polímeros hidroredutores na cultura da soja em condições de solo argiloso na região norte do Rio Grande do Sul. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 1, p. 175-182, 2017.

PEREIRA, Cassiano Spaziani et al. Doses de potássio com a presença de enxofre na cultura da soja. **Global science and technology**, v. 9, n. 1, 2016.

PETTER, F. A. *et al.* Desempenho agrônômico da soja a doses e épocas de aplicação de potássio no cerrado piauiense. **Revista de Ciências agrárias**, v. 55, n. 3, p.190-196, 2012.

PIANA, M. P. M. El sulfato de potasio para mitigar los efectos adversos de los cultivos en condiciones de estrés salino. **Revista Fertilizar**, n.18, 2011.

POURJAVADI, A.; FARHADPOUR, B.; SEIDI, F. Synthesis and investigation of swelling behavior of new agar based superabsorbent hydrogel as a candidate for agrochemical delivery. **Journal of Polymer Research**, Dordrecht, v. 16, n. 6, p.655–665, 2009.

RADIN, B.; SCHONHOFEN, A.; TAZZO, I.F. Impacto da quantidade e frequência de chuva no rendimento da soja. **Agrometeoros**, v. 25, n. 1, p. 19-26, 2017.

RAMOS, L. P.; KOTHE, V.; CÉSAR-OLIVEIRA, M. A. F.; MUNIZ-WYPYCH, A. S.; NAKAGAKI, S.; KRIEGER, N.; WYPYCH, F.; CORDEIRO, C. S. Biodiesel: Matérias-Primas, Tecnologias de Produção e Propriedades Combustíveis. **Rev. Virtual Quim.**, v. 9, p. 317-369, 2017.

REETZ, H.F. **Fertilizantes e o seu uso eficiente**. São Paulo: ANDA, 2017. 178p.

REYNALDO, E. F.; MACHADO, T. M.; TAUBINGER L.; QUADROS, D. Validação da qualidade de semeadura de milho e soja na região centro sul do estado do Paraná.

Enciclopédia biosfera, v. 11, n. 22, p. 417-426, 2015

RUDZINSKI, W. E.; DAVE, A. M.; VAISHNAV, U. H.; KUMBAR, S. G.; KULKARNI, A. R.; AMINABHAVI, T. M. Hydrogels as controlled release devices in agriculture. **Designed monomers and polymers**, v. 5, n. 1, p. 39-65, 2002.

SALVADOR, P. M.; MARTINS, C. X.; ROMANHOLO FERREIRA, L. F.; AMÉRICO, J. H. P.; TORRES, N. H.; BORTOLETO, G. G. Estudo de diferentes catalisadores para produção de biodiesel: viabilidade dos catalisadores heterogêneos. Bioenergia em **Revista: Diálogos**, n. 2, p. 31-46, 2016.

SANTOS, G. H. F.; NASCIMENTO, R. S.; ALVES, G. M. BIOMASSA COMO ENERGIA RENOVÁVEL NO BRASIL. **Revista UNINGÁ Review**, v.29, n.2, p.06-13, 2017.

SCHROEDER, J. I.; DELHAIZE, E.; FROMMER, W. B.; GUERINOT, M. L.; HARRISON, M. J.; HERRERA-ESTRELLA, L.; TSAY, Y. F. Using membrane transporters to improve crops for sustainable food production. **Nature**, v. 497, p. 60-66, 2013.

SCHULTZ, H. **Potassium Compounds**. In: **Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry**. Wiley-VCH Weinheim, Electronic Release, Ullmanns electronic DVD/Online Update, 2012.

SEAB - SECRETARIA DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO. **Estimativa de safras, 2015**. Disponível em: <http://www.agricultura.pr.gov.br/>. Acesso em: 20 novembro de 2020.

SEAB/DERAL. Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado do Paraná. Departamento de Economia Rural. **Tabela de produção agrícola por município, 2021**. Disponível em: <http://www.agricultura.pr.gov.br/>. Acesso em: 20 novembro de 2021.

SFREDO, G.J.; BORKERT, C.M. Deficiências e toxicidades de nutrientes em plantas de soja. Documentos, Londrina: **Embrapa Soja**, n.231, 2004.

SILVA JÚNIOR, J. L. C.; COSTA, L. C.; AMORIM, M. C. DE; BARBOSA, F. J. Mudanças climáticas e agricultura: um estudo de caso para as culturas do milho e do feijão em minas gerais. **Boletim da Sociedade Brasileira de Meteorologia**, Rio de Janeiro, v.30, p.57-61, 2007.

SILVA, J. Pesquisa desenvolve hidrogel fertilizante de baixo custo. 2017. Disponível: < <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/24638368/pesquisa-desenvolve-hidrogel-fertilizante-de-baixo-custo> >. Acesso em: 20 fevereiro de 2022.

SILVA, F.C.S., SEDIYAMA, T., OLIVEIRA, R.C.T., BORÉM, A., SILVA, F.L., BEZERRA, A.R.G., SILVA, A.F. Importância econômica e evolução do melhoramento. In: SILVA, F.L. BORÉM, A., SEDIYAMA, T., LUDKE, W. (Eds). **Melhoramento da Soja**. UFV, Viçosa, 2017.

SOUSA, G. T. O.; AZEVEDO, G. B.; SOUSA, J. R. L.; MEWS, C. L.; SOUZA, A. M. Incorporação de polímero hidro-retentor no substrato de produção de mudas de *Anadenanthera peregrina* (L.) Speg. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 9, n. 16; p. 1270 - 1278, 2013.

SOUZA, I. J.; OLIVEIRA, Z. B.; SILVA, C. M.; GOIS, H.; RODRIGUES, L. R.; LINK, T. T.; MALFFINI, L. B. Componentes de rendimento de soja irrigada por aspersão em Cachoeira do Sul no ano agrícola de 2018/19. **CIÊNCIA E NATURA**, v. 42, Special Edition, e. 3, 2020.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed Editora; 2017. 888 p.

TANAKA, R. T., MASCARENHAS, H. A. A. **Soja: nutrição, correção do solo e adubação**, Fundação Cargill, v. 7, 1992. 60p

WU, L.; LIU, M. Preparation and properties of chitosan-coated NPK compound fertilizer with controlled-release and water-retention. **Carbohydrate Polymers**, Oxford, v. 72, n. 2, p. 240–247, 2008

XAVIER, K. D.; WANDER, A. E.; FIGUEIREDO, R. S. O Complexo Agroindustrial da Soja e a Produção de Biodiesel no Estado de Goiás. **Conjuntura Econômica Goiana**, n. 23, 2016.

YONEZAWA, U. G. **Síntese, caracterização e aplicação de hidrogéis nanoestruturados contendo nanoargila para melhorar a germinação e qualidade de muda de hortaliça**. 2016. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Materiais, Universidade Estadual Paulista – UNESP, 2016.

ZANÃO JÚNIOR, L. A.; LANA, R. M. Q.; GUIMARÃES, E. C. Variabilidade espacial do pH, teores de matéria orgânica e micronutrientes em profundidades de amostragem num Latossolo Vermelho sob semeadura direta. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 4, p.1000-1007, 2007.

ZANON, A. J.; SILVA, M.R.; TAGLIAPIETRA, E.L.; CERA, J.C.; BEXAIRA, K.P.; RICHTER, G.L.; DUARTE, A.J.; ROCHA, T.S.M.; WEBER, P.S.; STRECK, N.A. **Ecofisiologia da soja visando altas produtividades**. 1.ed. Santa Maria: Pallotti, 2018. 136 p.

ZHANG, Z.; CHAO, M.; WANG, S.; BU, J. L. I. F.; WANG, Q.; ZHANG, B.; Proteome quantification of cotton xylem sap suggest the mechanisms of potassium-deficiencyinduced changes in plant resistance to environmental stresses. **Scientific Reports**, v. 6, n. 21060, p. 1-14, 2016.