

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

Lucca Silva Cruz

Graduando em Engenharia Agrônômica

AVALIAÇÃO DE ATRIBUTOS AGRONÔMICOS NA
CULTURA DA SOJA EM SISTEMA IRRIGADO E
SEQUEIRO

Dracena

2023

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

Lucca Silva Cruz

Graduando em Engenharia Agrônômica

AVALIAÇÃO DE ATRIBUTOS AGRONÔMICOS NA
CULTURA DA SOJA EM SISTEMA IRRIGADO E
SEQUEIRO

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

Orientador: Prof. Dr. Ronaldo Cintra Lima
Co-orientador: Prof. Dr. Rafael Simões Tomaz

Dracena

2023



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



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

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: "Avaliação de atributos agronômicos na cultura da soja em sistema irrigado e sequeiro"

Modalidade: Trabalho de ... Atividades de pesquisa

Autor: Lucca Silva Cruz

Orientador (a): Prof. Dr. Ronaldo Cintra Lima

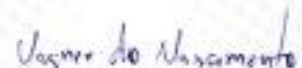
Co-orientador(es): Prof. Dr. Rafael Simões Tomaz

Número de Créditos: 12

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


Prof. Dr. Ronaldo Cintra Lima


Prof. Dr. Evandro Pereira Prado


Prof. Dr. Vagner do Nascimento

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Lucca Silva Cruz, nascido em 10 de outubro de 1999, natural de Presidente Epitácio/SP. Ingressou no curso de Engenharia Agrônômica na Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas (FCAT/Unesp) em março de 2019. Em 2021, iniciou as atividades como colaborador do GEIA – Grupo de Estudo em Irrigação e Agrometeorologia, acompanhando atividades de pesquisa com a cultura da soja, as quais deram origem a este trabalho, com conclusão do curso prevista para julho de 2024.

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho ao meu irmão Gabriel Silva Cruz, que nunca desistiu de lutar por sua vida e isso sempre me inspirou a correr atrás dos meus sonhos e alcançar minhas metas

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Flor Guacira Alves da Silva Cruz e Jonas Lírio Cruz, que desde o início me apoiaram neste sonho e mesmo diante das divergências durante o caminho, sempre se esforçaram para que eu pudesse alcançá-lo.

Ao meu orientador Prof. Dr. Ronaldo Cintra Lima, que me deu a oportunidade de participar do grupo de estudos, por compartilhar seu conhecimento e pela orientação.

Aos amigos João Miguel Bacci Ramos, Mateus Tezoto e Victor Negri Libório por toda ajuda durante o experimento e pela amizade construída.

Às companheiras de grupo, Giovana Oliveira Marques e Gabriela Bernava Moralis pela contribuição na condução do experimento e realização das análises.

À FCAT e todos os docentes e colaboradores que ajudaram na minha formação.

RESUMO

A soja é uma das culturas principais do país e o estresse hídrico é considerado um dos fatores mais importantes na produtividade da cultura. O objetivo do trabalho foi avaliar os atributos agronômicos de três genótipos de soja manejadas em ambiente de sequeiro e irrigado. O experimento foi desenvolvido na safra de verão 2021/2022. O solo do local da pesquisa é um Argissolo Vermelho Distrófico típico de textura arenosa. O experimento foi instalado sob delineamento de Blocos casualizados em esquema fatorial 3x2, com cinco repetições, constituído por 3 variedades de soja da Inquima Intellicrops: ICS 1332, ICS 7019 e ICS 5619, e dois métodos de manejos da irrigação: método da evapotranspiração de referência (ET_o) obtida a partir da Estação Meteorológica estimada pelo método de Penman-Monteith multiplicado pelo coeficiente da cultura (K_c) nas suas respectivas fases fenológicas; pelo método de sequeiro (ausência de irrigação). As análises realizadas foram produtividade de grãos, massa de mil grãos, número de vagens, altura de plantas e número de hastes por planta. Para as características que apresentaram significância na análise de variância, foi procedido o teste de Tukey para comparação de médias. Não houve interação entre os dois fatores analisados. A variedade ICS 7019 teve maior massa de mil grãos, altura de plantas e número de hastes por planta, porém a produtividade entre as variedades foi semelhante. A irrigação pelo método ET_o foi benéfica para a soja, que apresentou maior altura de planta, número de hastes por planta e maior produtividade de grãos comparado com o sequeiro.

ABSTRACT

Soybean is one of the main crops in the country and water stress is considered one of the most important factors in crop productivity. The objective of this work was to evaluate the agronomic attributes of three soybean varieties managed in rainfed and irrigated systems. The experiment was carried out in the 2021/2022 summer harvest. The soil at the research site is a typical Dystrophic Red Argisol with a sandy texture. The experiment was installed in a randomized block design in a 3x2 factorial scheme, with five replications, consisting of three soybean varieties from Inquima Intellicrops: ICS 1332, ICS 7019 and ICS 5619, and two irrigation management methods: reference evapotranspiration (ET_o) obtained from the Meteorological Station estimated by the Penman-Monteith method and multiplied by the crop coefficient (K_c) in their respective phenological phases; by the rainfed method (absence of irrigation). The analyzes carried out were grain yield, mass of thousand grains, number of pods, plant height and number of stems per plant. For the characteristics that showed significance in the analysis of variance, Tukey's test was performed to compare means. There was no interaction between the two analyzed factors. The ICS 7019 variety had the highest thousand-grain mass, plant height and number of stems per plant, but the productivity between the varieties was similar. Irrigation using the ET_o method was beneficial for soybean, which showed greater plant height, number of stems per plant and higher grain yield compared to rainfed.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Comportamento edafoclimático da semeadura a colheita.....	19
Figura 2. Semeadura da soja.	22
Figura 3. Teste de Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC).	23
Figura 4. Amostras coletadas para avaliação da produtividade.	27
Figura 5. Avaliação das características agronômicas.....	27
Figura 6. Separação e pesagem da massa de 1000 grãos.	28
Figura 7. Contagem do número de hastes.	28
Figura 8. Medição da umidade para correção a 13%.	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Caracterização química do solo da camada de 0,00 - 0,20 m da área experimental. Dracena, SP, Brasil, 2021/2022.....	21
Tabela 2. Potencial matricial versus umidade gravimétrica e densidade do solo da área experimental para as diferentes camadas, Dracena, SP, Brasil, 2021.	26
Tabela 3. Análise de variância das características agronômicas e componentes de produção de variedades de soja em condição de sequeiro e irrigada. Dracena, SP, Brasil, 2021/2022.....	30
Tabela 4. Teste de comparação de médias das características agronômicas e componentes de produção de variedades de soja em condição de sequeiro e irrigada. Dracena, SP, Brasil, 2021/2022.	31

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	13
2.1 Objetivo Geral.....	13
2.1 Objetivos Específicos.....	13
3 REVISÃO DE LITERATURA	14
3.1 A cultura da soja	14
3.2 Variedades de soja	15
3.3 Soja em sistema Irrigado e sequeiro	16
3.4 Plantio direto	17
4 MATERIAL E MÉTODOS	18
4.1 Localização e características da área experimental	18
4.2 Histórico da área experimental.....	19
4.3 Delineamento experimental.....	20
4.4 Variedades utilizadas.....	20
4.5 Implantação do experimento a campo	21
4.6 Manejo da irrigação	23
4.7 Manejo da irrigação via atmosfera (ETo)	24
4.8 Parâmetros avaliados	26
4.9 Análise estatística dos dados	29
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
6 CONCLUSÕES	33
7 REFERÊNCIAS.....	34

1 INTRODUÇÃO

A soja tem um papel fundamental na agricultura brasileira por ser uma das principais commodities do país, sendo seu uso destinado à alimentação humana e animal, como também para produção de bioenergia (SANTOS; CAMPOS, 2020).

A boa adaptação aos solos e clima brasileiro, tornou o país um dos principais produtores e exportadores da commodity no mundo (GÓES et al., 2020). Entretanto, diversos fatores bióticos e abióticos afetam a produtividade da cultura, sendo necessárias alternativas que reduzam o efeito negativo destes fatores para melhorar o desempenho da cultura.

Dentre esses fatores, a disponibilidade hídrica é considerada um dos mais importantes, pois o estresse hídrico, seja por déficit ou excesso, pode causar redução significativa na produtividade da soja (WIJEWARDANA et al., 2019).

O déficit hídrico pode inibir severamente a fotossíntese, devido à maior resistência à difusão de entrada de CO₂ que resulta em uma redução na concentração de CO₂ intercelular e, conseqüentemente, uma diminuição na assimilação líquida de fotossintatos, reduzindo o rendimento das culturas (CATUCHI et al., 2011).

Para atenuar os efeitos do déficit hídrico, a irrigação é uma técnica muito utilizada. O fornecimento adequado de água via irrigação é capaz de proporcionar melhor desenvolvimento da lavoura, maior eficiência na adubação, melhor controle fitossanitário, maior produtividade (VILAS BOAS et al., 2011) e conseqüentemente maior lucro ao produtor.

Porém, como os fatores genéticos têm grande influência sobre as características agronômicas da cultura (RODRIGUES et al., 2023), as diferentes características fenológicas dentre as diferentes cultivares, podem influenciar o crescimento da soja, a fenologia e conseqüentemente sua produtividade. Sendo assim, as diferentes cultivares também influenciarão as respostas da cultura à irrigação (ANDA et al., 2020; LIU & DAI, 2020; MESQUITA et al., 2020).

Para diferentes cultivares de soja, o maior rendimento da aplicação da irrigação foi obtido aplicando diferentes lâminas de irrigação em diferentes estádios de desenvolvimento da cultura (MONTROYA et al., 2017; GAJIĆ et al.,

2018; NUNES et al., 2016; AYDINSAKIR, 2018), demonstrando que cada cultivar responde de maneira diferente ao uso da irrigação.

Portanto, é fundamental entender, principalmente para as novas variedades de soja, até que ponto a deficiência hídrica do solo influencia nas características da planta e no seu rendimento (ALVES et al., 2021).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar os atributos agronômicos de três genótipos de soja manejadas em ambiente de sequeiro e irrigado.

2.1 Objetivos Específicos

Avaliar o desenvolvimento das variedades ICS 7019, ICS 1332 e ICS 5619 da Inquima Intellicrops irrigada e não irrigada;

Avaliar o efeito da irrigação pelo método da evapotranspiração de referência (ET_o) nas variedades de soja;

Avaliar a produtividade de grãos, massa de mil grãos, número de vagens, altura de plantas e número de hastes por planta.

Verificar o material que mais se adaptou no sequeiro da Alta Paulista e a viabilidade do cultivo na região.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 A cultura da soja

A soja é considerada a principal commodity agrícola do Brasil, sendo um dos principais pilares da economia brasileira, que faz girar a roda do agronegócio no país. Os grãos são muito utilizados na alimentação humana por conter proteínas, fibras e lipídios que são benéficos à nutrição humana (NOGUEIRA-DE-ALMEIDA, 2020). Também é um dos principais constituintes da alimentação animal por seu alto teor de proteína e energia, além do uso na produção de biocombustíveis.

A soja é de origem asiática, embora não existam registros precisos sobre sua origem (EMBRAPA, 2013) e foi introduzida no Brasil em 1882 no estado da Bahia, mas só começou a ser cultivada em 1892 em São Paulo no Instituto Agrônomo de Campinas. Aos poucos, foi se espalhando por todo o país chegando ao Rio Grande do sul onde teve uma melhor evolução, vindo a ocorrer a primeira exportação de grãos em 1949 (CÂMARA, 2015).

Atualmente, a região Centro-oeste do país é a maior produtora de soja do Brasil, com destaque para os estados do Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Goiás. Nesta safra, o Brasil deverá colher 153.633 mil toneladas, 22,4% superior ao da safra passada, com uma produtividade média de 3.527 kg/ha, registrando recordes históricos de área de plantio, produtividade e produção. A área cultivada com soja é de 43.561,9 mil ha, contando com um aumento de 5% em relação ao ano passado (CONAB, 2023).

A planta de soja é uma leguminosa anual, de caule ereto, ramificado e piloso, normalmente com altura variando de 30 a 150 cm. Suas folhas são unifoliadas e opostas, e outras folhas são trifoliadas e pinadas. As flores são pequenas e unidas em cachos curtos com coloração violácea, rosada ou branca, que uma vez polinizada originam vagens oblongas e pilosas, apresentando de uma a cinco sementes. Essas sementes são lisas de forma ovóides ou globosas, e sua coloração varia de acordo com a variedade.

O sistema radicular da cultura é pivotante com numerosas raízes secundárias laterais, onde são encontrados nódulos que representam a simbiose entre a soja e bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, sendo que estas bactérias

promovem a fixação do nitrogênio do ar e o disponibiliza para a planta de forma assimilável (nitrato) recebendo em troca hidratos de carbono (MASCARENHAS et al., 2005).

A cultura apresenta variabilidade em suas características morfológicas, que são altamente influenciadas pelo ambiente, como o ciclo que pode ter de 75 (mais precoces) a 200 dias (mais tardias). A soja é influenciada pelo fotoperíodo, sendo classificada como uma planta de dias curtos, isto é, necessita de um mínimo de horas de noite ou escuro para florescer. Entretanto, essa característica varia de acordo com as variedades (ROCHA, 2009)

3.2 Variedades de soja

As diversas cultivares de soja existentes possuem características como habilidade de adaptação às condições de manejo e ambientais da área, modificando sua morfologia e seus componentes de rendimento (FERREIRA JUNIOR et al., 2010). Sendo essas adaptações associadas a latitude, altitude, fertilidade do solo, época de semeadura, estande de plantas e espaçamento entre linhas (DO CARMO et al., 2018).

Segundo Komori et al. (2004) muitos cultivares estão disponíveis no mercado apresentando grande diversificação, principalmente quanto à interação genótipo e ambiente e, por esse motivo, é desejável que os produtores tenham conhecimentos mais aprofundados dos cultivares disponíveis em diferentes ambientes.

Segundo Rezende e Carvalho (2007) não escolher corretamente o material a ser cultivado, têm impacto negativo na produtividade e na qualidade dos grãos, pois cada variedade possui características diferentes que implicam principalmente na adaptação ao ambiente podendo acarretar sinais de não uniformidade na lavoura.

A recomendação de genótipos específicos para cada ambiente e a identificação de genótipos com ampla adaptabilidade e estabilidade, tem sido as alternativas propostas para atenuar o efeito da interação genótipos x ambientes (PELÚZIO et al., 2005; ROCHA et al., 2012).

Existe grande variabilidade entre as cultivares quanto à sensibilidade ao fotoperíodo e à temperatura, sendo que a primeira é considerada o principal fator

determinante da adaptação das cultivares (MEOTTI et al., 2012). Além disso, menores incidências de precipitação promovem um comportamento diferencial entre as cultivares (ALBRECHT et al., 2008), que provocam interferências em fatores quantitativos e qualitativos da soja em função da variedade explorada.

Como o desempenho relativo das características agronômicas das cultivares pode variar de um ambiente de cultivo para outro, faz-se necessário um estudo multi-ambiental, ou seja, que diferentes cultivares sejam testadas em diferentes locais sob diferentes condições (BARBOSA et al., 2011) para o produtor saber qual variedade se adapta melhor em sua propriedade e região.

3.3 Soja em ambiente irrigado e sequeiro

A grande maioria dos estudos avaliando a soja em condições de sequeiro e irrigada mostram efeitos positivos do fornecimento de água no desenvolvimento da planta e na produtividade da cultura.

Kuss et al. (2008) avaliaram estratégias de manejo de irrigação na cultura da soja e observaram que as plantas não-irrigadas foram inferiores estatisticamente, com um decréscimo de rendimento de 26% comparativamente às irrigadas todo ciclo.

Na média de todos os tratamentos avaliados por Herzog et al. (2004), o uso de irrigação promoveu um acréscimo de 500 kg ha⁻¹ na massa de raízes até 0,15 m de profundidade, o que pode explicar o aumento de produtividade com uso da irrigação. De acordo com Silva et al. (2010), o uso de irrigação pode minimizar os efeitos negativos da deficiência hídrica sobre o potencial fisiológico das sementes, em especial na fase de enchimento de vagens.

Apesar dos benefícios da irrigação no desenvolvimento das plantas, a irrigação pode não afetar todas as características agronômicas da soja. No estudo de Kuss et al. (2008), os autores verificaram que o maior peso médio de grãos foi observado nas plantas não-irrigadas, que pode ser atribuído a uma certa tolerância de alguns genótipos ao déficit hídrico. Entretanto, a restrição hídrica causa maior abortamento de flores e legumes, havendo maior concentração de fotoassimilados, que fez com que legumes que permaneceram na planta acumulassem mais massa seca em seus grãos.

Maehler et al. (2003) ao trabalharem com duas cultivares de soja, em dois regimes hídricos (irrigado e não irrigado), verificaram que o teor de óleo nos grãos não foi alterado, mostrando que por vezes, a irrigação não é capaz de influenciar fatores qualitativos da soja.

Em condições de sequeiro, as plantas são mais baixas com menor número de vagens por planta em relação aos tratamentos irrigados, devido ao déficit hídrico causado pela má distribuição das chuvas (GIACOMELI et al., 2022) que é uma realidade comum na agricultura brasileira.

Segundo Gava et al. (2017), de maneira geral, as cultivares que mais produziram com irrigação foram as que menos produziram sem irrigação (sequeiro). Reforçando a hipótese de que o aumento de produtividade obtido com a irrigação está diretamente relacionado à interação do genótipo com o ambiente irrigado. Ou seja, as diferenças observadas entre sistemas irrigados e não-irrigados estão relacionadas às características genéticas de cada cultivar e à forma como as plantas respondem ao ambiente (EMBRAPA, 2011).

O Brasil tem alto potencial para aumentar suas áreas irrigadas, gerando maiores produtividades de soja ainda pouco exploradas no campo irrigado. São necessárias pesquisas para determinar os genótipos que apresentam maior adaptabilidade neste sistema, bem como a população ideal de cultivo, visando melhor explorar o potencial genético de produção de cada cultivar (GAVA et al., 2017).

3.4 Plantio direto

O sistema de plantio direto (SPD) é baseado em três princípios básicos, sendo eles a diversificação de espécies na rotação/sucessão de culturas, mínima interferência no solo e manutenção dos resíduos vegetais das culturas anteriores na superfície do solo (COSTA et al., 2013).

A semeadura das culturas agrícolas no SPD normalmente ocorre sobre a palhada da cultura anterior, sem a ocorrência das operações de preparo de solo, tais como aração, gradagem e subsolagem, com a realização da dessecação da biomassa para formação de palha, seguida da semeadura direta, juntamente com a adubação de semeadura (SILVEIRA et al., 2015).

O SPD foi implantado na agricultura brasileira a partir da década de 1970 e atualmente contempla mais de 33 milhões de hectares da área cultivada no Brasil (FUENTES-LLANILLO et al., 2021), concentrado principalmente na região do cerrado. À nível mundial, o SPD brasileiro representa 25% do total do SPD do mundo (SILVA et al., 2022).

A rotação de culturas no SPD, ocorre preferencialmente alternando culturas comerciais, como soja, milho, arroz, feijão e sorgo, com adubos verdes como crotalária, mucuna, feijão guandu e gramíneas como milheto e brachiarias (SILVA et al., 2022). Neste contexto, as brachiarias são consideradas excelentes opções para fornecimento de palhada nesses sistemas produtivos devido a rusticidade, facilidade de manejo e grande produção de massa (GARCIA et al., 2014).

O revolvimento mínimo do solo e manutenção da palhada do SPD traz como benefícios a redução nos processos como erosão, lixiviação, melhorando a infiltração de água e mantendo a umidade do solo (DIAS et al., 2015). A camada protetora do solo fornece maior quantidade de carbono orgânico total, reduz a evaporação da água do solo e a amplitude térmica, proporcionando maior volume de raízes terciárias e aporte de C em profundidade, com aumento da matéria orgânica (SALES et al., 2016). Além de auxiliar na manutenção da umidade do solo, o SPD beneficia a absorção de água e infiltração, porosidade total e macroagregação (SÁ et al., 2014).

Na soja, a utilização do SPD contribui para a evolução da cultura, onde é possível o aumento da produtividade, com o uso do solo de maneira intensiva, menor oscilação de rendimento e impacto ambiental (CONAB, 2018). Portanto, o sistema plantio direto junto da irrigação, se tornam dois grandes aliados para que a cultura expresse um bom desempenho, atingindo seu máximo potencial.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Localização e características da área experimental

O experimento foi desenvolvido na safra de verão 2021/2022, em área experimental situada nas coordenadas de 51° 52' de longitude Oeste de Greenwich e 21° 29' de Latitude Sul e 420 m de altitude. O solo do local da

pesquisa é um Argissolo Vermelho Distrófico típico de textura arenosa (EMBRAPA, 2013). Dados climáticos, médias anuais: temperatura 23,97 °C e U.R. relativa 64,23%, e precipitação pluvial de 1261 mm/ano. Segundo classificação de Köppen, o clima da região é o subtropical úmido, Aw, com verão quente e chuvoso de outubro a março e inverno seco e ameno de baixa precipitação pluvial de abril a setembro. Os dados climáticos de precipitação pluvial, temperatura e umidade relativa do ar durante a pesquisa serão obtidos na estação Meteorológica Campbell Scientific CR10X, instalada na instituição de ensino superior (Figura 1).

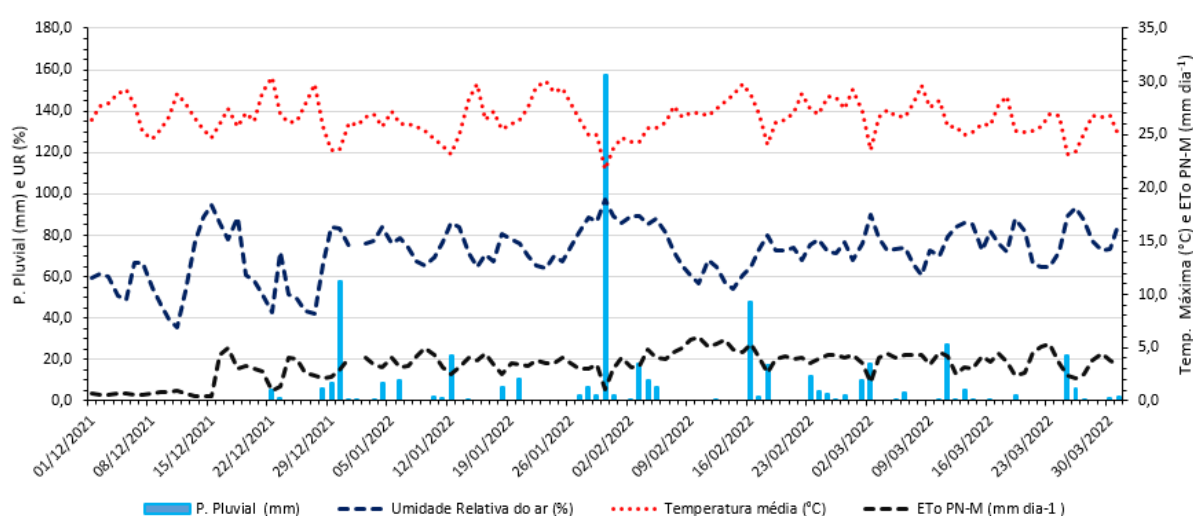


Figura 1. Comportamento edafoclimático da semeadura a colheita: precipitação pluvial (mm), evapotranspiração de referência - ETo (mm dia⁻¹), temperatura do ar média (°C), umidade relativa média (UR%) e irrigações realizadas (mm).

Fonte: Estação Meteorológica Automática, Dracena – SP. Autor.

4.2 Histórico da área experimental

Antes da implantação do projeto a área foi explorada pela cultura da cana de açúcar e se encontrava em pousio com *Brachiaria decumbens* por 6 anos.

Em abril de 2021, foi realizada análise química do solo, logo após a área foi preparada com operação de grade pesada, na sequência foi aplicada a metade da dose requerida com calcário dolomítico PRNT de 85% de um total de 1,8 t/ha, para incorporação fez se uma aração profunda com arado de disco,

após esta operação aplicou a outra metade de calcário afim de elevar o V% a 70%, finalizando o preparo do solo com duas operações de grade niveladora. No início de agosto foi implantado a cultura do sorgo forrageiro para oferecer palhada para implantação do SPD da soja de verão 21/2022

4.3 Delineamento experimental

O experimento foi instalado sob delineamento de Blocos casualizados em esquema fatorial 3x2, com cinco repetições, constituído por 3 variedades de soja da Inquima Intellicrops: ICS 1332, ICS 7019 e ICS 5619, e dois métodos de manejos da irrigação: método da evapotranspiração de referência (ET_o) obtida a partir da Estação Meteorológica Campbell Scientific CR10X, instalada na FCAT/UNESP à 300 m da área experimental, estimada pelo método de Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998) e multiplicado pelo coeficiente da cultura (K_c) nas suas respectivas fases fenológicas; pelo método de sequeiro (ausência de irrigação).

4.4 Variedades utilizadas

Foram três variedades utilizadas, da Intellicrops Tecnologia em Sementes, do grupo Inquima, com as seguintes características:

- ICS 1332 RR: possuindo grupo de maturação de 6.2, hábito de crescimento indeterminado, boa ramificação, bom engalhamento, alto teto produtivo. É resistente ao cancro da haste e moderadamente resistente à mancha olho-de-rã. Susceptível à pústula bacteriana e podridão radicular. Seu ciclo varia de 90 a 110 dias, a depender da região.

- ICS 7019 RR: possui grupo de maturação 7.1 para o Cerrado e 6.8 para o Sul, hábito de crescimento indeterminado, resistente a acamamento, porte médio para o Cerrado e alto para o Sul, engalhamento alto, exigência de fertilidade do solo de média a alta, flores roxas, vagens marrons clara, peso de mil sementes de 209 g. É resistente ao cancro da haste, podridão radicular. Moderadamente resistente à mancha olho-de-rã e pústula bacteriana. Susceptível à nematoide do cisto e nematoide das galhas. Seu ciclo varia de 95 a 130 dias, a depender da região.

- Variedade ICS 5619 RR (Toro): possui grupo de maturação 5.9, hábito de crescimento indeterminado, resistente a acamamento, porte alto, engalhamento

alto, exigência de fertilidade do solo de média a alta, flores roxas, vagens marrons clara, peso de mil sementes de 185 g. É resistente ao cancro da haste, podridão radicular e pústula bacteriana. Moderadamente resistente à mancha olho-de-rã e susceptível à nematoide do cisto e nematoide das galhas. Seu ciclo varia de 102 a 130 dias, a depender da região.

4.5 Implantação do experimento a campo

A implantação do experimento começou após a realização da análise química do solo na profundidade de 0,0 a 0,20 m, apresentada na Tabela 1. Os cálculos de adubação foram baseados no Boletim 100 (RAIJ et al, 2001), considerando a produtividade esperada para a soja de verão irrigada e sequeiro.

Tabela 1. Caracterização química do solo da camada de 0,00 - 0,20 m da área experimental. Dracena, SP, Brasil, 2021/2022.

pH	MO	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC	V
CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³				mmol _c dm ⁻³				%
5,2	12	13	2,8	16	8	0	18	26,8	44,8	60,7

Métodos de extração: P, Ca, Mg e K em resina. MO – Matéria orgânica; P – Fósforo; K – Potássio; Ca – cálcio; Mg – magnésio; Al – alumínio; H + Al – acidez potencial; SB – soma de bases; CTC – capacidade de troca catiônica; V – saturação por bases. Fonte: autor.

Em outubro de 2021, foi realizada a dessecação do sorgo forrageiro presente na área experimental. Em novembro de 2021, foi feita amostragem de palha para determinação da massa de cobertura vegetal disponível para a semeadura direta da soja. A média de produção de matéria seca de cobertura foi de 4.500 kg ha⁻¹.

A semeadura da soja foi realizada no dia 07 do mês de dezembro de 2021. A semeadora utilizada foi da marca GIHAL, Modelo GA 2500-E, de 5 linhas, regulada para plantio direto com disco de corte, sulcador e distribuição de adubo e semente mecânica com espaçamento de 0,45 m entre linhas. A densidade de semeadura foi 16 sementes por metro linear para todas as variedades.



Figura 2. Semeadura da soja.
Fonte. Autor.

O tratamento de sementes e a inoculação foi realizado manualmente. Foi aplicado o inseticida Standak® Top (p.c.) (i.a Fipronil 250 g L⁻¹; Piraclostrobina 25 g L⁻¹; Tiofanato-metílico 225 g L⁻¹) e a inoculação foi feita com o inoculante líquido Masterfix gramíneas (*bradyrhizobium japonicum*) da Stoller® na dose de 100 mL por hectare.

A adubação de base foi realizada com 495 kg ha⁻¹ do fertilizante superfosfato simples. A adubação de cobertura foi feita com 65 kg ha⁻¹ de potássio por meio do cloreto de potássio e 40 kg ha⁻¹ de nitrogênio o uso de sulfato de amônio, aos 40 dias após a semeadura (DAS).

Depois da cultura instalada e do sistema de irrigação montado ocorreu a instalação e calibração dos sensores de umidade no dia 13 de dezembro.

Contudo, tivemos contratempo onde constatamos percevejos castanhos (*Scaptocoris Castânea*) em fase de ninfa no solo, essa praga se alimenta das raízes e sugam a seiva, assim, as plantas mostraram sintomas de definhamento e deficiência nutricional. Para controle desse inseto, foi feita aplicação direta ao solo no dia 05 de janeiro com os inseticidas Egeo pleno e Fipronil para combater essa praga de solo que estava limitando o desenvolvimento da cultura; foi aplicado também Ureia e inoculante.

O manejo da irrigação, via atmosfera, e a testemunha de sequeiro, foram implantados em áreas de 12m de comprimento, 12m de largura, com isolamento de 20 metros entre elas, dentro de cada área foram alocadas de forma casualizadas 8 repetições, sendo 4 repetições por variedades de soja, a unidade experimental constituiu de 5 linhas de semeadura de 0,45m entre linhas com 3m de comprimento, que serão avaliadas as 2 linhas centrais com 2m, descartando 1m de cada extremidade.

4.6 Manejo da irrigação

O sistema de irrigação utilizado foi aspersão convencional com 80% de eficiência, equipado com aspersores Agropolo, modelo NY25, bicos 2,8 x 2,5 mm, composto por duas linhas de tubos, cada uma com dois aspersores espaçados em 12 metros, para se obter uma boa uniformidade de aplicação a $4,9 \text{ mm h}^{-1}$, pressão de trabalho de 3,0 bar.

Para determinar a uniformidade e intensidade da lâmina horária de irrigação, foi avaliado o teste CUC, Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CHRISTIANSEN, 1942), realizado no dia 16 de dezembro de 2021, onde foi constatado uma uniformidade de 85%.



Figura 3. Teste de Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC).
Fonte: Autor

A gestão da irrigação de controle atmosférico (ET_o), foi implementada em uma área de 12 m de comprimento por 12 m de largura a uma distância de 20

metros de isolamento. Foram 4 repetições de variedades de soja, sendo a unidade experimental constituída por 5 linhas de semeadura possuindo espaçamento de 0,45 m entre linhas de 3 m de comprimento, das quais 2 linhas de centro de 2 m foram avaliadas com 1 metro descartado em cada extremidade.

4.7 Manejo da irrigação via atmosfera (ET_o)

O manejo da irrigação via atmosfera foi realizado com base na estimativa da Evapotranspiração de Referência (ET_o), determinada pela equação de Penman-Monteith/FAO (ALLEN *et al.*, 1998) e corrigida pelo Coeficiente de Cultura (K_c) nas respectivas fases fenológica da cultura. Os dados climáticos foram obtidos na estação Meteorológica Campbell Scientific CR10X, instalada na Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas (FCAT), pertencente à Universidade Estadual Paulista (UNESP), localizada a 300 m da área experimental, sendo monitoradas as seguintes variáveis: temperatura média do ar (°C), umidade relativa do ar (%), velocidade do vento (m s⁻¹) a 2 m do solo e radiação líquida total diária (MJ m⁻² d⁻¹).

Equação de Penman-Monteith para estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o):

$$ET_o = \frac{0,408 s (R_n - G) + \frac{\gamma 900 U_2 (e_s - e_a)}{T + 273}}{s + \gamma (1 + 0,34 U_2)}$$

R_n = radiação líquida total diária (MJ m⁻² d⁻¹);

G = fluxo de calor no solo (MJ m⁻² d⁻¹);

γ = 0,063 kPa °C⁻¹ é a constante psicrométrica;

T = temperatura média do ar (°C);

U₂ = velocidade do vento a 2m (m s⁻¹);

e_s = pressão de saturação de vapor (kPa);

e_a = pressão parcial de vapor (kPa);

s = declividade da curva de pressão de vapor de acordo com a temperatura do ar, em kPa °C⁻¹.

Para obtenção da Evapotranspiração da cultura da soja (ET_c), foi utilizada a seguinte equação:

$$ET_c = K_c \times ETo$$

Lâmina líquida (mm) = $K_c \times ETo$

Lâmina bruta (mm) = $(K_c \times ETo) / \text{Eficiência}$

ET_c = evapotranspiração da cultura da soja (mm dia^{-1});

K_c = coeficiente da cultura da soja (conforme proposto por Doorenbos e Kassam, 1979);

ETo = evapotranspiração da cultura de referência estimada (mm dia^{-1}) pela equação de Penman-Monteith/FAO (ALLEN *et al.*, 1998);

Eficiência = Eficiência do sistema de irrigação por aspersão médio de 0,80.

Para a determinação da capacidade de água disponível (CAD) da área experimental foram encaminhadas ao laboratório duas repetições de amostras de solo nas profundidades de 0,0 – 0,15 m e 0,16 – 0,30 m, a fim de determinar a Curva de Retenção de Água, de posse dos dados do solo foram transformados em umidade volumétrica, segundo o modelo de Genuchten (1980) e consequentemente determinou-se a CAD. Os parâmetros desse modelo apresentam-se expressos na Tabela 1. Os valores de textura do solo da área experimental foram: areia de 822 e 788, silte de 73 e 71 e argila de 105 e 140, para as camadas de 0,00-0,20 e 0,21-0,40 m, respectivamente.

O manejo da irrigação via atmosfera foi realizado conforme tratamento estabelecido, sempre que a capacidade de armazenamento de água disponível (CAD) atingir o nível crítico dado por uma fração de esgotamento de água no solo (f) da sua CAD, calculado por meio da expressão:

$$CAD = (\theta_{cc} - \theta_{pmp}) \times d \times f \times Z$$

Em que:

CAD = capacidade de armazenamento disponível (mm) crítica ou lâmina de água armazenada no solo que será usada como suprimento para a cultura da soja (mm);

θ_{cc} e θ_{pmp} = umidade volumétrica do solo na capacidade de campo e ponto de murcha permanente ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$), ajustado segundo Genuchten (1980);

d = densidade do solo (g cm^{-3});

f = coeficiente de esgotamento de água no solo de 0,7, ou seja, significa que pode ser consumida até 70% da Capacidade de Água Disponível “CAD” no solo ou déficit hídrico tolerável, conforme Doorembus e Kassam (1979);

Z = profundidade efetiva do sistema radicular (mm) da soja de 0,25 m.

Tabela 2. Potencial matricial versus umidade gravimétrica e densidade do solo da área experimental para as diferentes camadas, Dracena, SP, Brasil, 2021.

Profundidade (m)	Potencial matricial									Ds g cm ⁻³
	Centímetros de coluna de água (cca)									
	-0	-10	-40	-100	-300	-500	-1000	-5000	-15000	
	Umidade gravimétrica (g g ⁻¹)									
0,00-0,15	0,3087	0,2895	0,1850	0,1305	0,1042	0,0912	0,0757	0,0622	0,0420	1,54
0,16-0,30	0,2807	0,2626	0,1694	0,1174	0,0912	0,0775	0,0626	0,0539	0,0422	1,57
0,31-0,45	0,2457	0,2266	0,1458	0,1148	0,0907	0,0733	0,0593	0,0520	0,0427	1,65

Fonte: Laboratório de Solos e Qualidade de Água, Esalq/USP, Piracicaba, SP. Ds: Densidade aparente do solo.

4.8 Parâmetros avaliados

Na unidade experimental, foram avaliadas as características: massa de mil grãos; população inicial e final de plantas; produtividade de grãos a 13% a base úmida. Em cinco plantas de soja tomadas aleatoriamente dentro da unidade experimental, foram avaliadas a média das características: altura de planta, altura da inserção da 1ª vagem, número total vagens.

a. Características agronômicas: foram coletadas, por ocasião da colheita, 5 plantas na área útil das parcelas para a avaliação de todas as características a seguir: **Altura de planta:** foi medido com auxílio de trena, a altura do colo da planta até o final da haste principal; **Número de hastes:** foram contados os números de todas as hastes laterais de cada planta.

b. Componentes da produção: foram coletadas, por ocasião da colheita, 5 plantas na área útil das parcelas para a avaliação de: **número de vagens por planta:** e foi determinado por meio da relação do número total de vagens/número de plantas; **massa de mil grãos:** foram obtidos por meio da coleta ao acaso e pesagem de duas amostras de cem grãos por parcela;

c. Produtividade de grãos: as plantas da área útil de cada parcela, foram tomadas em 3 linhas por 3 metros (4,05 m²), foram arrancadas e deixadas para secagem a pleno sol. Após a secagem, as mesmas foram submetidas a

trilha mecânica com a trilhadora 150 PV da marca Vencedora MaqTron, na sequência os grãos foram pesados e os dados transformados em kg ha^{-1} (13 % base úmida).



Figura 4. Amostras coletadas para avaliação da produtividade.
Fonte: Autor.

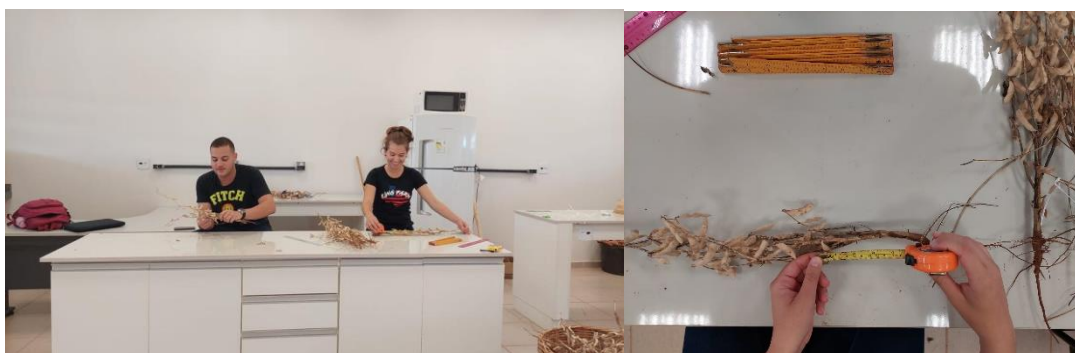


Figura 5. Avaliação das características agronômicas.
Fonte: Autor.



Figura 6. Separação e pesagem da massa de 1000 grãos.
Fonte: Autor.



Figura 7. Contagem do número de hastes.
Fonte: Autor



Figura 8. Medição da umidade para correção a 13%.
Fonte: Autor.

4.9 Análise estatística dos dados

Foi considerado o delineamento de blocos casualizados com três repetições, em esquema fatorial 3×2 , considerando três variedades (Fator A) e dois sistemas de manejo da irrigação (Fator B). Dessa forma, é considerado o modelo estatístico: $Y_{ijk} = m + A_i + B_j + AB_{ij} + w_k + e_{ijk}$ em que Y_{ijk} corresponde ao valor observado para a variável em estudo referente ao tratamento ij , na repetição k ; m , à média de todas as unidades experimentais para a variável em estudo; A_i , ao efeito do i -ésimo nível do fator Variedade, no valor observado Y_{ijk} ; B_j , ao efeito do j -ésimo nível de manejo da irrigação, no valor observado Y_{ijk} ; AB_{ij} , corresponde ao efeito das interações respectivos níveis dos fatores no valor observado Y_{ijk} ; w_k , ao efeito de bloco, e e_{ijk} , ao erro experimental. Para as características que apresentarem significância na análise de variância, será procedido o teste de Tukey para comparação de médias. Toda análise estatística será realizada por meio de rotinas a serem desenvolvidas pelos autores no Software livre R (R Core Team, 2020).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a análise de variância, apresentada na Tabela 3, as características com diferenças significativas para variedades foram: massa de mil grãos ($p < 0,05$), altura da planta ($p < 0,05$) e número de haste por planta ($p < 0,01$). Os efeitos da irrigação resultaram em diferenças na produtividade de grãos ($p < 0,05$), na altura de plantas ($p < 0,01$) e número de hastes da planta ($p < 0,05$). Não houve interação entre os dois fatores analisados.

Tabela 3. Análise de variância das características agronômicas e componentes de produção de variedades de soja em condição de sequeiro e irrigada. Dracena, SP, Brasil, 2021/2022.

FV	GL	QM				
		PG	MMg	NV	HP	NHP
Variedade	2	ns	*	ns	*	**
Irrigação	1	*	ns	ns	**	*
Bloco	3	ns	ns	ns	ns	ns
Interação	2	ns	ns	ns	ns	ns
Resíduo	15	-	-	-	-	-
CV (%)		20,9	7,02	35,64	9,75	18,85
Média		2903	135,7	50,44	50,16	5,54

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$. CV – Coeficiente de variação. NS – Não significativo; PG - Produtividade de grãos (kg ha^{-1}); MMg - massa de mil grãos (g); NV – número de vagens; Hp – altura de planta (cm); NHP – número de hastes da planta. Fonte: Autor

As variedades ICS 7019, ICS 1332 e ICS 5619 tiveram PG semelhantes entre si, ou seja, as três variedades avaliadas produzem a mesma quantidade de grãos (Tabela 4). Porém, quando ocorre a irrigação, a PG destas variedades tem um aumento significativo, demonstrando os benefícios do fornecimento adequado de água para a cultura.

A irrigação, além de beneficiar a parte aérea da planta, beneficia também o desenvolvimento das raízes (HOSSNE et al., 2015) que permite maior exploração do solo, com maior absorção de água e nutrientes, o que faz com que a planta apresente melhor produtividade de grãos (PG).

A MMg apresentou diferenças entre as variedades estudadas (Tabela 4). A variedade ICS 7019 teve MMg maior em relação à ICS 1332 e 5619. Já estas duas tiveram MMg semelhantes.

De acordo com Cruz et al. (2010), a massa de mil grãos é determinada pela genética da variedade e há uma grande variação entre os cultivares para essa característica. Os autores avaliaram cinco variedades de soja em condição de sequeiro e encontraram diferenças na MMg entre as variedades, com aumento de até 48,7 g entre variedades, dependendo da época de semeadura.

A MMg não apresentou diferenças entre sequeiro e irrigação (Tabela 4). Segundo Lima et al. (2009), independente de resposta ou não dos tratamentos aplicados sobre a cultura da soja, a massa de 1000 grãos é o componente da produção que apresenta a menor variação percentual em função das alterações ambientais no meio. Assim, em condições de déficit hídrico, a planta preferencialmente formará poucas sementes nas vagens fixadas, ao invés de várias e mal-formadas, pois seu objetivo biológico principal é a perpetuação da espécie.

O número de vagens (NV) não apresentou diferenças para cultivares e nem para irrigação. As variedades avaliadas produziram a mesma quantidade de vagens, que não foi influenciado pela aplicação da irrigação (Tabela 4).

Tabela 4. Teste de comparação de médias das características agronômicas e componentes de produção de variedades de soja em condição de sequeiro e irrigada. Dracena, SP, Brasil, 2021/2022.

Variáveis	PG	MMg	NV	HP	NHP
Variedade					
ICS 7019	-	143,85 a	-	54,61 a	5,98 a
ICS 1332	-	128,26 b	-	49,38 b	6,43 a
ICS 5619	-	134,99 b	-	46,61 b	4,23 b
Irrigação					
Irrigada (ETo)	3324 a	-	-	56,28 a	6,00 a
Sequeiro	2483 b	-	-	44,05 b	5,08 b

Tratamentos seguidos pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), para PG – produtividade de grãos; MMg – massa de mil grãos; NV – número de vagens; HP – altura de plantas e NHP – número de hastes por planta. Fonte: Autor

A altura de plantas (HP) teve diferenças significativas entre as variedades (Tabela 4). A variedade ICS 7019 apresentou plantas mais altas comparadas com as variedades ICS 1332 e 5619.

Entretanto, Marques (2022) e Moralis (2022) avaliando as mesmas variedades com diferentes manejos de irrigação, não obtiveram diferenças na HP entre as variedades estudadas quando irrigadas pelo método ETo.

Conforme Rocha et al. (2012), a altura de planta é característica fundamental na determinação da cultivar a ser introduzida em uma região, uma vez que está relacionada com o rendimento de grãos, controle de plantas daninhas e com as perdas durante a colheita mecanizada.

A irrigação teve efeito sobre a HP, proporcionando plantas de soja mais altas com o fornecimento de água (Tabela 4).

A menor HP observada em condição de sequeiro é consequência da menor quantidade de água disponível e também do estresse sofrido pelas plantas em momentos críticos. Segundo Nunes et al. (2016), condições de estresse hídrico reduzem a produção de biomassa da soja, influenciando nas características da parte aérea da planta.

O déficit hídrico, além de diminuir a absorção de nutrientes, reduz a taxa fotossintética devido à redução da concentração interna de CO₂ causada pelo fechamento dos estômatos, podendo consequentemente prejudicar a formação de tecidos vegetais (SHAO et al., 2008), refletindo inclusive na produtividade da cultura.

A redução do crescimento devido ao déficit hídrico, de acordo com Kron et al. (2008), trata-se de um mecanismo de tolerância à falta de água e pode ser considerada uma estratégia de conservação de energia, considerando que a produtividade de grãos da soja é limitada pelas regulações de fonte-dreno (SILVA et al., 2018).

O aumento da PG na soja irrigada teve contribuição da HP, uma vez que altura de plantas é uma característica relacionada diretamente com o rendimento de grãos (ROCHA et al., 2012).

O número de hastes da planta (NHP) foi maior nas variedades ICS 7019 e ICS 1332 em relação à ICS 5619.

Em relação ao uso da irrigação, a soja irrigada apresentou maior NHP comparada com a soja de sequeiro (Tabela 4). Supõe-se que as plantas que

estiveram sob estresse desde o início do ciclo fazem um ajuste em sua morfologia (NUNES et al., 2016), como por exemplo, na emissão de hastes.

A quantidade de hastes que a planta produz está ligado à produtividade, pois o maior número de emissão de galhos produtivos proporciona maior número de locais de nós produtivos na haste principal e secundária (FERREIRA et al., 2022), podendo aumentar a produtividade.

Porém, o desenvolvimento dos grãos depende de outros fatores, genéticos e climáticos, como por exemplo, a capacidade das plantas de encher suas vagens com grãos, e esse fator é relacionado com as condições meteorológicas (PEIXOTO et al., 2002). Por isso o maior NHP das variedades ICS 7019 e ICS 1332 não foi capaz de proporcionar aumento da produtividade quando comparadas as cultivares.

A deficiência hídrica sofrida pela soja no sequeiro afetou o desenvolvimento vegetativo da planta, inclusive levando a uma diminuição do número de ramificações e a baixa taxa de fixação de botões florais (RIBEIRO et al., 2020), e consequentemente, redução da produtividade de grãos.

6 CONCLUSÕES

A produtividade entre as variedades foi semelhante, porém a variedade ICS 7019 teve maior massa de mil grãos, altura de plantas e número de hastes por planta.

A irrigação pelo método ETo foi benéfica para a soja, que apresentou maior altura de planta, número de hastes por planta e maior produtividade de grãos comparado com o sequeiro.

7 REFERÊNCIAS

- ALBRECHT, L.P.; BRACCINI, A.L.; SCAPIM, C.A.; AGUIAR, C.G.; ÁVILA, M.R.; STÜLP, M. Qualidade fisiológica e sanitária das sementes sob semeadura antecipada da soja. **Scientia Agraria**, v.9, n.4, p.445-454, 2008.
- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements**. Roma: FAO, 1998. 300p. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 56).
- ALVES, E. S.; RODRIGUES, L. N.; OLIVEIRA, R. A.; LORENA, D. R. Water deficit on the growth and yield of irrigated soybean in the Brazilian Cerrado region. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.25, n.11, p.750-757, 2021.
- ANDA, A.; SOÓS, G.; MENYHÁRT, L.; KUCSERKA, T.; SIMON, B. Yield features of two soybean varieties under different water supplies and field conditions. **Field Crops Research**, v.245, p.1-9, 2020.
- AYDINSAKIR, K. Yield and quality characteristics of drip-irrigated soybean under different irrigation levels. *Agronomy Journal*, v.110, p.1473-1481, 2018.
- BARBOSA, V. S.; PELUZIO, J. M.; AFFÉRI, F. S.; SIQUEIRA, G. B. Comportamento de cultivares de soja, em diferentes épocas de semeaduras, visando a produção de biocombustível. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 3, 742-749, 2011.
- CÂMARA, G. M. de SOUZA. **Introdução ao agronegócio: soja**. USP/ESALQ – Departamento de Produção Vegetal, 2015.
- CARMO, E. L. D.; BRAZ, G. B. P.; SIMON, G. A.; SILVA, A. G. D.; ROCHA, A. G. C. Desempenho agrônomo da soja cultivada em diferentes épocas e distribuição de plantas. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 17, p. 61-69, 2018.

CATUCHI, T.A.; VÍTOLO, H.F.; BERTOLLI, S.C.; SOUZA, G.M. Tolerance to water deficiency between two soybean cultivars: transgenic versus conventional. **Ciência Rural**, v.31, p.373-378, 2011.

CHRISTIANSEN, J. E. **Irrigation by sprinkling**. Berkeley: University of Califórnia, 1942. 124 p.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra Brasileira de grãos. V. 5 - SAFRA 2017/18, n. 10 - Décimo levantamento. Brasília, 2018. p. 1-178.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos, Brasília, DF, v.10 – Safra 2022/23, n.7 - Sétimo levantamento, p. 1-106, abril 2023

COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; SANTOS, F. G.; SOUZA, L. M. F.; CAVALLINI, M. C. Interação entre inoculação das sementes com *Pseudomonas fluorescens* e adubação fosfatada na produção do milho em sucessão a espécies forrageiras no Cerrado. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v. 7, n. 3, 37-43, 2013.

CRUZ, T. V. C.; PEIXOTO, C. P.; MARTINS, M. C.; PEIXOTO, M. F. S. P. Componentes de produção de soja em diferentes épocas de Semeadura, no oeste da Bahia. **Bioscience Journal**, v. 26, n. 5, p. 709-716, 2010.

DIAS, M. J.; ALVES, S.F.; FIALHO, E. R.; GOMES, D. O. Probabilidade de ocorrência dos atributos químicos em um latossolo sob plantio direto. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 4, 2015.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. Yield response to water. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1979. (FAO irrigation and drainage, paper 33).

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Tecnologias de Produção de Soja - Região Central do Brasil 2012 e 2013. In: **Sistemas de Produção**. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 261p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de pesquisa de solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013.

FERREIRA JUNIOR, J. A.; ESPINDOLA, S. M. C. G.; GONÇALVES, D. A. R.; LOPES, E. W. Avaliação de genótipos de soja em diferentes épocas de plantio e densidade de semeadura no município de Uberaba - MG. **FAZU em Revista**, v. 7, p. 13-21, 2010.

FERREIRA, V. R.; BRITO, C.; TOMAZ, C. A.; BRAVO, J. P. Desempenho produtivo de soja em diferentes manejos de espaçamento e densidade de plantas. **Revista Agrária Acadêmica**, v. 5, n. 2, 2022.

FUENTES-LLANILLO, R.; TELLES, T. S.; SOARES JUNIOR, D.; MELO, T. R.; FRIEDRICH, T.; KASSAM, A. Expansion of no-tillage practice in conservation agriculture in Brazil. **Soil and Tillage Research**, v. 208, e 104877, 2021.

GAJIĆ, B.; KRESOVIĆ, B.; TAPANAROVA, A.; ŽIVOTIĆ, L.; TODOROVIĆ, M. Effect of irrigation regime on yield, harvest index and water productivity of soybean grown under different precipitation conditions in a temperate environment. *Agricultural Water Management*, v.210, p.224-231, 2018.

GARCIA, C. M. P.; ANDREOTTI, M.; TEIXEIRA FILHO, M. M. C.; MASCARENHA, K. S.; BUZETTI, S. Decomposição da palhada de forrageiras em função da adubação nitrogenada após o consórcio com milho e produtividade da soja em sucessão. **Bragantia**, v. 73, p. 143-152, 2014.

GAVA, R.; ANSELMO, J. L.; NEALE, C. M. U.; FRIZZONE, J. A.; LEAL, A. J. F. Different soybean plant populations under central pivot irrigation. **Engenharia Agrícola**, v.37, n.3, p.441-452, 2017.

GIACOMELI, R.; CARLESSO, R.; PETRY, M. T.; CHECHI, L. BEUTLER, A. N.; FULANETI, F.; FERRAZZA, C. M. Improving irrigation, crop, and soil management for sustainable soybean production in Southern Brazilian lowlands. **Scientia Agricola**, v.79, n.6, e20210115, 2022.

GÓES, B. C.; GOES, R. J.; CREMASCO, C. P.; GABRIEL FILHO, L. R. A. Análise multivariada da soja cultivada sob sistema plantio direto em coberturas vegetais de milho e sorgo. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**. 14, 283 – 298, 2020.

HERZOG, R. L. S.; LEVIEN, R.; TREIN, C. R. Produtividade de soja em semeadura direta influenciada por profundidade do sulcador de adubo e doses de resíduo em sistema irrigado e não irrigado. *Engenharia Agrícola*, v.24, n.3, p.771-780, 2004.

HOSSNE, G. A.; MÉNDEZ, J.; TRUJILLO, M.; PARRA, F. Soil irrigation frequencies, compaction, air porosity and shear stress effects on soybean root development. **Acta Universitaria**, v. 25, n.1, p. 22-30, 2015.

KOMORI, E.; HAMAWAKITOT, O. T.; SOUZA, M. P.; SHIGIHARA, D.; BATISTA, M. Influência da época de semeadura e população de plantas sobre as características agronômicas da cultura da soja. **Bioscience Journal**, v. 20, n. 3, p. 13-p14, 2004.

KRON, A. P.; SOUZA, G. M.; RIBEIRO, R. V. Water deficiency at different developmental stages of Glycine max can improve drought tolerance. **Bragantia**, v. 67, p.43-49, 2008.

KUSS, R. C. R.; KONIG, O.; DUTRA, L. M. C.; BELLÉ, R. A.; ROGGIA, S.; STURMER, G. R. Populações de plantas e estratégias de manejo de irrigação na cultura da soja. **Ciência Rural**, v.38, n.4, p.1133-1137, 2008.

LIMA, E. V.; CRUSCIOL, C. A. C.; CAVARIANI, C.; NAKAGAWA, J. Características agronômicas, produtividade e qualidade fisiológica da soja “safrinha” sob semeadura direta, em função da cobertura vegetal e da calagem superficial. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 1, p.69-80, 2009.

LIU, Y.; DAI, L. Modelling the impacts of climate change and crop management measures on soybean phenology in China. **Journal of Cleaner Production**, v.262, p.1-11, 2020.

MAEHLER, A. R.; PIRES, J. L. F.; COSTA, J. A.; FERREIRA, F. G. Potencial de rendimento da soja durante a ontogenia em razão da irrigação e arranjo de plantas. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 38, n. 2, p. 225-231, 2003.

MARQUES, G. O. **Avaliação de variedades de soja sob diferentes manejos de irrigação em SPD no Noroeste Paulista**. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Dracena. 47f.

MASCARENHAS, H. A. A.; TANAKA, R. T.; WUTKE, E. B.; KIKUTI, H. Nitrogênio: a soja aduba a lavoura da cana. **O Agrônomo**, v. 1, n. 57, 2005.

MEOTTI, G.V.; BENIN, G.; SILVA, R. R.; BECHE, E.; MUNARO, L. B. Épocas de semeadura e desempenho agrônomo de cultivares de soja. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 47, n.1, p.14-21, 2012.

MESQUITA, R. O.; COUTINHO, F. S.; VITAL, C. E.; NEPOMUCENO, A. L.; WILLIAMS, T. C. R.; RAMOS, H. J. O.; LOUREIRO, M. E. Physiological approach to decipher the drought tolerance of a soybean genotype from Brazilian savanna. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.151, p. 132-143, 2020.

MONTOYA, F.; GARCÍA, C.; PINTOS, F.; OTERO, A. Effects of irrigation regime on the growth and yield of irrigated soybean in temperate humid climatic conditions. *Agricultural Water Management*, v.193, p. 30-45, 2017.

MORALIS, G. B. **Manejos da irrigação em variedades de soja em SPD por métodos de manejo, via atmosfera e solo**. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Dracena. 2022, 45f.

NOGUEIRA-DE-ALMEIDA, C. A.; FERRAZ, I. S.; UED, F. V.; ALMEIDA, A. C. F.; DEL CIAMPO, L. A. Impact of soy consumption on human health: integrative review. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 23, e2019129, 2020.

NUNES, A. C.; BEZERRA, F. M. L.; SILVA, R. A.; SILVA JÚNIOR, J. L. C.; GONÇALVES, F. B.; SANTOS, G. A. Agronomic aspects of soybean plants

subjected to deficit irrigation. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.20, n.7, p.654-659, 2016.

PELUZIO, J. M.; ALMEIDA JUNIOR, D.; FRANCISCO, E. R.; FIDELIS, R. R.; RICHTER, L. H. M.; RICHTER, C. A. M; BARBOSA, V. S. Comportamento de cultivares de soja no Sul do Estado do Tocantins. **Bioscience Journal**, v. 01, n. 03, p. 113-117, 2005.

R CORE TEAM. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org>, 2020.

RAIJ V., B. CANTARELA, H., QUAGGIO, J. A., FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: IAC, 1996. 285p. Boletim Técnico, 100.

RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise Química para Avaliação da Fertilidade de Solos Tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 285p

REZENDE, P. M.; CARVALHO, E. A. Avaliação de cultivares de soja [*Glycine max* (L.) Merrill] para o sul de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, v.31, n.6, p.1616-1623, 2007.

RIBEIRO, R. S.; PASSOS, A. M. A.; AKER, A. M. Agronomic performance of soybean crops under integrated production systems in the Southwestern Brazilian Amazon biome. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 24, p. 793 – 799, 2020.

ROCHA, R. S. Avaliação de variedades e linhagens de soja em condições de baixa latitude. 2009. 59 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Do Piauí Centro De Ciências Agrárias, Teresina, 2009.

ROCHA, R. S.; SILVA, J. A. L.; NEVES, J. A.; SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R. C. Desempenho agrônomo de variedades e linhagens de soja em condições de baixa latitude em Teresina-PI. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 1, p. 154-162, 2012.

RODRIGUES, S. A.; PEITER, M. X.; ROBAINA, A. D.; BRUNING, J.; PIROLI, J. D.; GOLLO, E. A. Oil content and economic water productivity of soybean cultivars under different water availability conditions. **Ciência Rural**, v.53:1, e20210836, 2023.

SÁ, J. C. M.; TIVET, F.; LAL, R.; BRIEDIS, C.; HARTMAN, D. C.; SANTOS, J. S.; SANTOS, J. B. Long-term tillage systems impacts on soil C dynamics, soil resilience and agronomic productivity of a Brazilian Oxisol. **Soil and Tillage Research**, v. 136, p. 38-50, 2014.

SALES, R. P.; PORTUGAL, A. F.; MOREIRA, J. A. A.; KONDO, M. K.; PEGORARO, R. F. Qualidade física de um Latossolo sob plantio direto e preparo convencional no semiárido. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 3, p. 429-438, 2016.

SANTOS, F.; CAMPOS, C. S. S. O avanço da sojicultura no nordeste brasileiro: reflexões iniciais sobre a região da SEALBA. **Diversitas Journal**, v.5, n. 1, p. 203 – 220, 2020.

SHAO, H. B.; CHU, L. Y.; JALEEL, C. A.; ZHAO, C. X. Water-deficit stress induced anatomical changes in higher plants. **Comptes Rendus Biologies**, v.331, p.215-225, 2008.

SILVA, A. J.; MAGALHÃES FILHO, J. R. M.; SALES, C. R. G.; PIRES, R. C. M.; MACHADO, E. Source-sink relationships in two soybean cultivars with indeterminate growth under water deficit. **Bragantia**, v. 77, p. 23 – 35, 2018.

SILVA, J. B.; LAZARINI, E.; SÁ, M. E.; VIEIRA, R. D. Efeito da irrigação sobre o potencial fisiológico de sementes de soja em semeadura de inverno. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 2 p. 73-82, 2010.

SILVA, M. A.; NASCENTE, A. S.; LANNA, A. C.; REZENDE, C. C.; CRUZ, D. R. C.; FERREIRA, A. L.; FERREIRA, I. V. L.; DUARTE, J. R. M.; FILIPPI, M. C. C. Sistema de plantio direto e rotação de culturas no Cerrado. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 13, e376111335568, 2022.

SILVEIRA, M. A.; TEIXEIRA, S. M.; WANDER, A. E.; CAMPOS, W. P. Produção de feijão nos sistemas de plantio direto e convencional no município de Água Fria de Goiás (GO). **Conjuntura econômica goiana**, n. 32, p. 63 – 76, 2015.

VAN GENUCHTEN, M. T. H. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v. 44, p. 892-898, 1980.

VILAS BOAS, R. C.; PEREIRA, G. M.; REIS, R. P.; LIMA JUNIOR, J. A.; CONSONI, R. Economic viability of the use of drip irrigation system on onion crop. **Ciência e agrotecnologia**, v. 35, n. 4, p. 781-788, 2011.

WIJEWARDANA, C.; REDDY, K. R.; KRUTZ, L. J.; GAO, W.; BELLALLOUI, N. Drought stress has transgenerational effects on soybean seed germination and seedling vigor. **PLoS One**. v.14, n. 9, e0214977, 2019.