

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA  
E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE DO SUL  
CAMPUS IBIRUBÁ**

**WILLIAM NATHANIEL BATTÚ DO AMARAL**

**VARIAÇÃO CULTURAL E DA PRODUTIVIDADE DE HÍBRIDOS DE MILHO EM  
DIFERENTES CONDIÇÕES HÍDRICAS**

**Ibirubá, RS, Brasil**

**2023**

**WILLIAM NATHANIEL BATTÚ DO AMARAL**

**VARIAÇÃO CULTURAL E DA PRODUTIVIDADE DE HÍBRIDOS DE MILHO EM  
DIFERENTES CONDIÇÕES HÍDRICAS**

Trabalho de Conclusão de Curso II apresentado junto ao curso Bacharelado em Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – Campus Ibirubá, como requisito parcial da obtenção do grau de Engenheiro (a) Agrônomo (a).

Orientador (a): Dr. Jardel Henrique Kirchner

**Ibirubá, RS, Brasil**

**2023**

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de primeiramente agradecer a Deus, que fez com que meus objetivos fossem alcançados durante todos os meus anos de estudo, por ter me garantido saúde para conseguir realizar o trabalho e ter chegado até onde me encontro hoje. A minha família, aos meus pais Jair Lopes de Amaral e Daniela Battu do Amaral por todo apoio e incentivo ao longo desse período.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul - Campus Ibirubá pela oportunidade de cursar o curso de Agronomia, com um ensino público, gratuito e de qualidade, além de disponibilizar a área para a realização do experimento.

Ao Laboratório de Hidráulica e Irrigação do curso de Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul - Campus Ibirubá, por todo o suporte durante a realização do experimento, tanto quanto com o material necessário, como os ensinamentos passados a mim pelos integrantes do laboratório, sendo de forma essencial no meu processo de formação profissional.

Ao orientador deste trabalho professor Dr. Jardel Henrique Kirchner, por aceitar em ser meu orientador durante a realização deste trabalho, e por todos os ensinamentos destinados a mim ao longo do curso, o que foi de grande importância para a minha formação profissional e pessoal.

Aos meus colegas de curso e de laboratório, no qual eu convivi durante todo o período da graduação, pelo companheirismo e troca de experiências durante esse tempo. E a todos os demais que de alguma forma ou outra contribuíram para a realização deste trabalho.

## RESUMO

Trabalho de Conclusão de Curso  
Curso de Agronomia  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul - Campus Ibirubá

### **VARIAÇÃO CULTURAL E DA PRODUTIVIDADE DE HÍBRIDOS DE MILHO EM DIFERENTES CONDIÇÕES HÍDRICAS**

AUTOR: William Nathaniel Battú do Amaral

ORIENTADOR: Jardel Henrique Kirchner

Ibirubá/RS, 15 de maio de 2023

O milho é uma das mais eficientes plantas armazenadoras de energia existentes na natureza, devido à sua grande capacidade de acumulação de fotoassimilados. A cultura do milho caracteriza-se como essencial no ciclo produtivo de uma propriedade agrícola devido à importância na rotação de culturas no sistema de plantio direto. Contudo, o principal problema é que tem limitado a área cultivada no estado é a ocorrência de déficit hídrico e a variabilidade de novos híbridos no mercado a cada safra. Contudo, Existem desvantagens dos ambientes tropicais como a imprevisibilidade das condições climáticas e as variações bastante acentuadas tanto em regiões como entre anos, o que dificulta ainda mais para os produtores. Para manutenção da produção, este vegetal necessita de um suprimento adequado de água, tendo a possibilidade de ser complementado via irrigação. A irrigação consiste na complementação e correção da distribuição das chuvas para aumento e manutenção da produção agrícola. Desta forma, o objetivo do trabalho foi determinar a variação cultural e da produtividade de híbridos de milho em condições de sequeiro e irrigado, além de caracterizar os estádios fenológicos de maior necessidade hídrica da cultura. O experimento foi realizado na área agrícola do IFRS - Campus Ibirubá, no ano agrícola de 2020/2021, onde a semeadura foi realizada no dia 01/09/2020 sob restos culturais de aveia branca. O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso (DBA), sendo assim, estabelecendo 3 repetições por híbrido em condições de irrigado e sequeiro, totalizando 24 unidades experimentais. Os tratamentos consistiram de quatro híbridos de milho (AG9025, AG8780, DKB240 e KWS230) e 2 condições hídricas, sendo elas irrigado e sequeiro (100% da Evapotranspiração da cultura), semeadas na mesma data. As avaliações realizadas foram as seguintes: a altura de plantas (AP), altura de inserção de espiga (AIE), número de fileiras de grãos por espiga (NFE), número de grãos por espiga (NGE), número de grãos por fileira (NGF), massa de mil grãos (MMG) e a produtividade final em Kg por hectare. Além disso, a irrigação era disponibilizada através do sistema de aspersão convencional, dotado de uma linha principal e duas linhas laterais, distribuídas entre si, com cinco tubos de subida em cada linha para a realização da irrigação, a água para a irrigação era disponibilizada através da caixa d'água próxima ao local do experimento, onde havia uma bomba centrífuga que alimentava o sistema de irrigação. Houve diferença estatística significativa entre os híbridos e o entre o tratamento sequeiro e irrigado. Visto isso, o híbrido que obteve maior produtividade em condições irrigadas foi o AG9025 PRO3, seguido pelo híbrido DKB240 PRO3. Nas condições de sequeiro as maiores produtividades também foram obtidas com os mesmos híbridos, ou seja, AG9025 PRO3 e o DKB240 PRO3 respectivamente.

**Palavras-chave:** *Zea mays* L., Irrigação, Sequeiro, Produtividade.

## **ABSTRACT**

Completion of course work

Agronomy Course

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul - Campus Ibirubá

### **CULTURAL AND PRODUCTIVITY VARIATION OF CORN HYBRIDS UNDER DIFFERENT WATER CONDITIONS**

**AUTHOR:** William Nathaniel Battú do Amaral

**ADVISOR:** Jardel Henrique Kirchner

Ibirubá/RS, may 15, 2023

Corn is one of the most efficient energy storage plants existing in nature, due to its great ability to accumulate photoassimilates. The corn crop is characterized as essential in the production cycle of an agricultural property due to its importance in crop rotation in the no-tillage system. However, the main problem that has limited the cultivated area in the state is the occurrence of water deficit and the variability of new hybrids on the market at each harvest. However, there are disadvantages of tropical environments such as the unpredictability of climatic conditions and the quite accentuated variations both in regions and between years, which make it even more difficult for producers. To maintain production, this vegetable needs an adequate supply of water, with the possibility of supplementing it via irrigation. Irrigation consists of complementing and correcting rainfall distribution to increase and maintain agricultural production. Thus, the objective of this work was to determine the cultural and productivity variation of maize hybrids under rainfed and irrigated conditions, in addition to characterizing the phenological stages of greater water requirement of the crop. The experiment was carried out in the agricultural area of the IFRS - Campus Ibirubá, in the agricultural year of 2020/2021, where sowing was carried out on 09/01/2020 under white oat crop residues. The experimental design used was randomized blocks (DBA), thus establishing 3 replications per hybrid under irrigated and rainfed conditions, totaling 24 experimental units. The treatments consisted of four corn hybrids (AG9025, AG8780, DKB240 and KWS230) and 2 water conditions, being irrigated and rainfed (100% of the crop's evapotranspiration), sown on the same date. The evaluations performed were as follows: plant height (AP), ear insertion height (IEA), number of grain rows per ear (NFE), number of grains per ear (NGE), number of grains per row (NGF), thousand-grain mass (MMG) and final productivity in Kg per hectare. In addition, irrigation was provided through the conventional sprinkler system, equipped with a main line and two lateral lines, distributed among themselves, with five risers in each line for irrigation, the water for irrigation was made available through from the water tank close to the experiment site, where there was a centrifugal pump that fed the irrigation system. There was a statistically significant difference between the hybrids and between the rainfed and irrigated treatments. Given this, the hybrid that obtained the highest productivity under irrigated conditions was the AG9025 PRO3, followed by the hybrid DKB240 PRO3. Under rainfed conditions, the highest yields were also obtained with the same hybrids, that is, AG9025 PRO3 and DKB240 PRO3 respectively.

**Key Words:** *Zea mays* L., Irrigation, Dryland, Productivity.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fases de desenvolvimento da cultura do milho .....	12
Figura 2: Local do experimento.....	19
Figura 3: Semeadura do experimento .....	21
Figura 4: Método do infiltrômetro de anéis concêntricos.....	22
Figura 5: Análise de umidade das amostras de grãos de milho.....	27
Figura 6: Médias das condições climáticas durante o ciclo da cultura.....	29
Figura 7: Déficit hídrico na cultura do milho em diferentes lâminas de irrigação .....	30
Figura 8: Diferença na estatura de planta, irrigado (A) x sequeiro (B).....	36
Figura 9: Estágio R6, maturidade fisiológica .....	43

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Precipitação acumulada ao longo do ciclo da cultura.....	28
Tabela 2: Ciclo dos diferentes híbridos de milho .....	31
Tabela 3: Valores médios de número de grãos produzidos por espiga .....	32
Tabela 4: Valores médios de altura de inserção de espiga .....	33
Tabela 5: Valores médios de altura de plantas .....	35
Tabela 6: Valores médios do número de fileiras de grãos por espiga .....	37
Tabela 7: Valores médios de massa de mil grãos .....	39
Tabela 8: Valores médios de peso .....	40

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	9
<b>2 DESENVOLVIMENTO</b> .....	11
2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	11
2.1.1 Caracterização morfológica da cultura .....	11
2.1.2 Importância socioeconômica .....	13
2.1.3 Híbridos de milho .....	13
2.1.4 Irrigação .....	14
2.1.5 Benefícios do uso da irrigação .....	16
2.1.6 Sequeiro .....	17
2.1.7 Déficit hídrico.....	18
2.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	19
2.2.1 Localização e características do local do experimento.....	19
2.2.2 Semeadura e delineamento experimental.....	20
2.2.3 Determinação da velocidade de infiltração básica de água no solo através do método do infiltrômetro de anéis concêntricos .....	21
2.2.4 Manejo da irrigação .....	22
2.2.5 Sistema Irriga <sup>®</sup> .....	23
2.2.6 Fenologia, ciclo da cultura e tratos culturais .....	24
2.2.7 Avaliações .....	26
2.2.8 Análise estatística.....	28
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	28
2.3.1 Distribuição pluviométrica .....	28
2.3.2 Componentes de rendimento da cultura .....	31
<b>3 CONCLUSÃO</b> .....	44
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	45



## 1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.), uma das primeiras culturas domesticadas pelo homem, é hoje a cultura mais importante do mundo. Conhecer a história evolutiva dos alimentos levanta a questão da importância de algumas culturas para a sobrevivência humana como alimento. O aumento da importância agrícola do milho veio com o aumento da produtividade por meio da introdução de programas de híbridos, métodos aprimorados por meio de seleção iterativa e estudos científicos de culturas responsáveis por eventos transgênicos (APROSOJA, 2021).

A produção de milho no Brasil, juntamente com a soja, responde por cerca de 80% da produção de grãos. A diferença entre as duas culturas reside no fato de que a soja é facilmente líquida nos mercados internacionais devido à sua natureza de commodity. Por outro lado, a produção de milho está voltada para o abastecimento interno, mas recentemente tem havido grande volume de exportações, contribuindo para sustentar ainda mais os preços internos. Apesar disso, o milho vem despontando como cultura comercial, apresentando crescimento de produção de 3,0% ao ano e área semeada de 0,4% ao ano nas últimas décadas (EMBRAPA, 2021).

O milho, com seu alto valor energético, é um dos cereais mais utilizados na alimentação humana e animal, desempenha importante papel socioeconômico na busca da segurança alimentar no Brasil e no mundo, estando presente desde o agronegócio até a agricultura familiar e de subsistência (FAO, 2020). Contudo, a área cultivada de milho ainda é considerada baixa no país, pois o milho é essencial para o estabelecimento de uma alimentação de qualidade animal e ainda contribui na alimentação humana, onde o principal fator que limita o cultivo é os danos ocasionados pelo déficit hídrico que ocasionam perdas de produtividade e de qualidade em todos os anos (BERGAMASCHI, et al., 2004).

O Brasil tem um papel fundamental na produção agrícola, sendo o terceiro maior exportador de produtos agrícolas do mundo, ficando atrás somente dos Estados Unidos e da União Europeia. Há projeções de que o Brasil possa ter o maior aumento na produção agrícola nas próximas quatro décadas, tornando-se o maior exportador mundial de alimentos.

A área semeada indicou um crescimento de 2,6% no plantio de verão em comparação ao semeado em 2019/20, atingindo na safra de 2020/21 cerca de 4 mil hectares (CONAB, 2021). A semeadura do milho primeira safra, na temporada 2020/21, foi bastante afetada pelo clima, que prejudicou o desenvolvimento das lavouras em todo o país. Após o início repleto de adversidades.

A maior parte do estado do Rio Grande do Sul impõe severas restrições ao cultivo de milho devido à escassez de água em toda a metade sul e borda oeste do estado. Mesmo nas regiões mais ao norte, onde estão localizadas as regiões classificadas como favoráveis por zona climática, a média pluviométrica não atende às necessidades da cultura, e a ocorrência de seca também afeta a produção de milho, embora de forma mais intensa e menos frequente (MATZENAUER et al., 2002).

Segundo Costa et al. (2008), a cultura do milho é afetada pela ocorrência de déficit hídrico de diversas formas, tais como, modificações no crescimento das plantas e expansão da área foliar, oscilação durante os estádios vegetativos e da produção de matéria seca da parte aérea, redução no pendoamento e florescimento, diminuição da massa de grãos, etc. A deficiência hídrica no milho causa vários efeitos negativos sobre a planta, e afeta diretamente seu rendimento, porém depende do seu estágio de desenvolvimento, do nível da deficiência e da sua duração do déficit hídrico (KUNZ et al., 2007).

Reduções nas produtividades são frequentes e intensas ao longo das safras, principalmente no Rio Grande do Sul, apesar da tendência clara de aumento de rendimentos de lavoura, decorrentes de avanços tecnológicos em insumos, melhoramento genético e manejo da cultura, além da redução dos riscos climáticos proporcionada pelo zoneamento agrícola (MATZENAUER et al., 2002; BERGAMASCHI et al., 2004).

A disponibilidade hídrica, entre outros fatores, afeta diretamente a cultura do milho, segundo EMBRAPA (s/d), o período de crescimento e desenvolvimento do milho é limitado pela água, temperatura e radiação solar ou luminosidade. A cultura do milho necessita que os índices dos fatores climáticos, especialmente a temperatura, a precipitação pluviométrica e o fotoperíodo, atinjam níveis considerados ótimos, para que o seu potencial genético de produção se expresse ao máximo.

No entanto, não é somente a precipitação e sua distribuição que afetam a produtividade da cultura do milho, além disso, a escolha do híbrido (duração do ciclo e diferentes características morfológicas) e a densidade de semeadura afetam diretamente o rendimento da cultura. Em razão das diferenças de densidades e do surgimento de novos genótipos, numerosos estudos têm sido realizados para a determinação do melhor arranjo espacial de plantas de milho em condições irrigadas. No entanto, os resultados encontrados variam em razão do tipo e fertilidade do solo, disponibilidade hídrica, luminosidade, híbridos adubações e manejo empregado (PENARIOLET al., 2003).

Desta forma, o objetivo do trabalho foi determinar a variação cultural e a produtividade para diferentes híbridos de milho em condições de sequeiro e irrigado.

## 2 DESENVOLVIMENTO

### 2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 2.1.1 Caracterização morfológica da cultura

O milho é classificado como uma gramínea tropical apresenta seu colmo no formato cilíndrico, atingindo em média 2m, possuindo nó e entrenó e quando cessa o estágio vegetativo, termina em uma inflorescência masculina (pendão). A cada nó acima do solo emergem as folhas com 90 cm de comprimento e cerca de 7-9 cm de largura, que quando cessado seu estado vegetativo, nas axilas, emerge a inflorescência feminina (espiga), marcando o estágio reprodutivo. Abaixo do solo, dos nós emergem raízes do tipo fasciculado, característico das gramíneas (FORNASIERI FILHO, 2007).

É uma planta anual, unissexuada monóica, alógoma, herbácea, adaptada a diferentes ambientes e de metabolismo C<sub>4</sub>. Apresenta altura variável, podendo atingir mais de três metros. A taxonomia do milho está inserida na subdivisão Angiospermae, classe Monocotyledoneae, ordem Graminales, família Poaceae, gênero *Zea*, espécie *Zeamays* (MAGALHÃES et al., 2002; EISINGER; PARA-NHOS, 2017).

A planta possui um sistema radicular fasciculado, abundante e de profundidade variável, formado por dois tipos de raízes: as seminais e as nodais ou adventícias. As raízes seminais são originárias da semente e seu crescimento diminui após a emergência do coleóptilo acima da superfície do solo. As raízes nodais ou adventícias são aéreas, grossas, cilíndricas e têm como função dar suporte à planta e absorver água e nutrientes do solo ao longo do ciclo (MAGALHÃES et al., 2002; RITCHIE; HANWAY; BENSON, 1993; ROSA; EMYGDIO; BISPO, 2017).

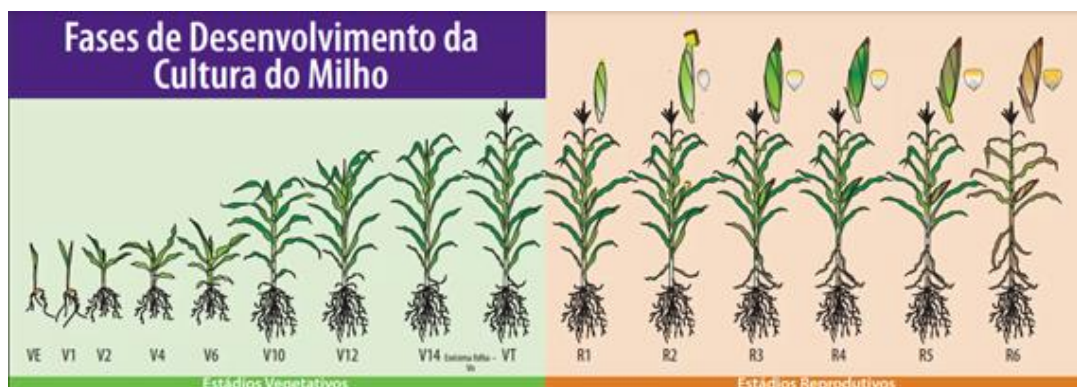
O caule, denominado colmo, é do tipo herbáceo formado por nós e entrenós, em alguns casos, podem surgir ramificações laterais nas axilas das folhas, denominadas perfilhos. No colmo estão inseridas as folhas, que são simples e alternadas, com lâmina foliar verde-escura, estreitas e lanceoladas, apresentando uma bainha invaginante e pilosa, de coloração verde-clara. Entre a bainha e a lâmina foliar existe uma estrutura estreita e membranácea, que pode ser visualizada na parte superior da lâmina, chamada de lígula, sendo possível visualizar uma linha que separa a lâmina da bainha, denominada "colar" (RIBEIRO et al., 2020).

O fruto é do tipo cariopse, ou seja, o pericarpo é soldado ao tegumento da semente, que é uma camada externa, fina e resistente. Além do pericarpo, a semente é constituída por mais duas partes: o endosperma, que é a camada mais volumosa formada principalmente por amido, e o embrião. Os frutos são dispostos na espiga sempre em número par, devido adisposição das espiguetas como dito anteriormente, e representam cerca de 70% da massa (comumente chamado de peso) das espigas, sendo o restante dividido entre o sabugo e a palha (BARROS; CALADO, 2014; ROSA; EMYGDIO; BISPO, 2017).

Conforme a cultura do milho foi se desenvolvendo, a exemplo de outras culturas importantes, vem merecendo atenção e estudos continuados. Durante as últimas décadas do Século XX, a escala fenológica descrita por Hanway (1963, 1966) foi a mais utilizada em todo o mundo. Ela consta de uma sequência de estádios numerados em ordem crescentes, da emergência das plântulas à maturação fisiológica dos grãos. Sua clareza e simplicidade tornaram esta escala amplamente conhecida e adotada, internacionalmente. Contudo, neste trabalho foi utilizada a escala de Ritchie, Hanway e Benson (1993).

A escala de Ritchie, Hanway e Benson (1993) passou a ser adotada na descrição da fenologia do milho. A cada nova folha totalmente expandida corresponde um estádio vegetativo. Os símbolos que representam os estádios vegetativos são formados pela letra V e um algarismo que corresponde ao número de folhas totalmente expandidas. Os estádios reprodutivos passaram a ter símbolos formados pela letra R e um algarismo correspondente à sequência dos mesmos estádios da escala de Hanway (1963), a (Figura 1) ilustra as fases de desenvolvimento da cultura.

**Figura 1: Fases de desenvolvimento da cultura do milho.**



Fonte: Ciampitti; Elmore; Lauer, 2016.

### 2.1.2 Importância socioeconômica

O milho (*Zea mays* L.) pertence à família Poaceae, nativa da América Central (México/Guatemala). O cultivo foi relatado em todas as regiões do mundo, tanto temperadas quanto tropicais. No entanto, a domesticação do milho primitivo tornou-se altamente dependente do homem, e hoje existem muitas variedades de milho adaptadas a diferentes climas e condições de cultivo (FORNASIERI FILHO, 1992, apud ALVES, 2013; DOORENBOS e KASSAN, 1994).

A cultura tem grande importância mundial, pois seu grão é utilizado na indústria alimentícia (animal e humana), na produção de óleos, espessantes e adesivos e na produção de etanol (SILVA et al., 2009). Segundo Moraes (2009), além do uso de grãos para os fins acima, outro aspecto importante da cultura do milho é o fato de que o milho pode ser usado quase inteiramente como espiga verde ou mini milho.

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de milho, produzindo cerca de 6,5% do total mundial, à frente dos Estados Unidos, que produz cerca de 37%, e da China, que produz 21% do mundial (ATLAS SOCIOECONOMICO, 2019). No estado do Rio Grande do Sul, a área plantada com milho diminuiu significativamente. Em 2000, a área ocupada atingiu mais de 1,4 milhão de hectares, com volume de produção de 3,9 milhões de toneladas e produtividade de 2,64 t.ha<sup>-1</sup>. Em 2022/23, a previsão de área de produção foi de 22.156,6 mil hectares, o volume de produção foi de 127.767 mil toneladas e a produtividade foi de 5.767 kg.ha<sup>-1</sup> (CONAB 2023; INDICAÇÕES TÉCNICAS PARA O CULTIVO DE MILHO E SORGO NO RIO GRANDE DO SUL, SAFRA - 2022/2023 ).

### 2.1.3 Híbridos de milho

O milho híbrido é a primeira geração produzida pelo cruzamento de linhagens puras, resultando em sementes de vigor híbrido capazes de produzir plantas com produtividade superior (FRITSCHÉ-NETO R., MÔRO, 2015).

Os híbridos simples comerciais são germoplasmas prioritários para a extração de linhagens em um programa de melhoramento, já que foram extensivamente melhorados, tendo acumulados vários alelos desejáveis (AMORIN; SOUZA, 2005).

O método do milho híbrido baseia-se na produção de linhagens endogâmicas, conhecidas também como linhagens puras, que são obtidas após sucessivas autofecundações,

de modo que o pólen de cada planta é coletado da parte masculina (pendão) e depositado sobre a parte feminina (estigma) da mesma planta (SILVA et al., 2009)

Os primeiros híbridos de milho perdem umidade mais rapidamente do que outros híbridos. De todos os híbridos utilizados no Brasil na safra 2013/2014, 69% eram híbridos precoces (CRUZ, PEREIRA FILHO, QUEIROS, 2013).

Analisar o desempenho da produção de híbridos de milho em áreas de cultivo é uma forma de auxiliar na tomada de decisões sobre o manejo da cultura e verificar a tolerância do material genético em resposta ao ambiente. A introdução de cultivares adaptadas ao ambiente e local de cultivo pode afetar a capacidade de produção em até 50%. Portanto, é muito importante verificar a cobertura para uma colheita bem-sucedida (FALQUETE, 2008). Segundo Silva et al (2015), o sucesso produtivo e o maior rendimento econômico de uma lavoura dependem da identificação de quais híbridos se adaptam melhor às condições edafoclimáticas e áreas de cultivo.

Segundo Bernini e Paterniani (2012), um dos momentos mais críticos no melhoramento de plantas foi o surgimento da heterose ou vigor híbrido. Este evento trouxe grande progresso no cultivo do milho.

#### **2.1.4 Irrigação**

A agricultura irrigada é uma prática agrícola intensiva e fortemente dependente de energia e de água, assim como demandante de cuidados quanto à manutenção da qualidade dos solos cultivados. Constitui-se por meio da aplicação racional de água, as necessidades hídricas da cultura, minimizando os impactos do clima sobre o seu rendimento, de maneira a atingir produções que sejam economicamente viáveis. Além disso, consiste basicamente em definir como, quanto e quando irrigar e essas decisões são tomadas diariamente, sendo que geralmente consideram a área irrigada como uma unidade homogênea (JUNIOR et al., 2017).

De acordo com Lopes e Continiet al. (2012), agricultura é uma das práticas que depende totalmente do uso da água. No decorrer do tempo, devido ao incremento da técnica de irrigação o consumo da água por esse setor tem aumentado de forma significativa. Tendo em mente para os próximos anos uma reformulação no uso da água, de forma que possa ser utilizada sem afetar os recursos hídricos e preservando a vida do planeta. Sendo assim, o uso de tecnologias e outros recursos que tornaram o uso sensato de água serão primordiais no decorrer do tempo.

O método de irrigação busca com o propósito de maximizar o alcance produtivo das culturas trabalhadas, por fornecer água às culturas de maneira racional, pois é um elemento essencial em seu ciclo produtivo. Tendo por finalidade trabalhar de forma racional diminuindo as perdas de água (BERNARDO et al., 2019).

O sistema de irrigação age com importância para as culturas mesmo em períodos de chuva, pois oferece uma segurança ao agricultor referente a produtividade, caso ocorra a escassez de chuvas em um momento que a planta está sensível ao déficit de água, ou o baixo nível de água no solo o que pode promover o déficit hídrico da cultura (RIBEIRO et al., 2009).

Ao optar pela escolha de um sistema de irrigação, deve ser levado em conta as condições de solo, clima, cultura trabalhada e questões econômicas relacionadas a atividade. Desse modo deve se buscar o melhor sistema de irrigação, que se encaixe na forma de manejo de modo que não traga riscos para a produtividade ou para a lucratividade. (EMBRAPA, 2017).

Segundo Shock e Wang (2011), a técnica de irrigação trabalha com o objetivo de suprir a necessidade hídrica das plantas, com um uso racional de água possibilitando o aumento da produtividade da cultura trabalhada, de acordo com os fatores encontrados no ambiente. Para Aleman (2015), a quantidade de água fornecida pelo ambiente deve suprir à demanda da planta, quando essa quantidade fornecida está abaixo do nível de necessidade da planta, a planta acaba sofrendo um estresse hídrico afetando bruscamente a sua produção, cabe ao manejo de irrigação solucionar o problema da falta de água, abastecendo o solo para que a planta continue seu ciclo normal.

De acordo com Oliveira e Ramos et al (2007), o manejo de irrigação se tornou uma técnica que ajuda lavouras em locais com baixo nível de precipitação, além da possibilidade de produzir as culturas na entressafra, contribui de forma que o produtor consiga alternar o método de irrigação com outras culturas, aumentando os ganhos do produtor, minimizando os riscos de perdas produtivas em virtude das épocas com escassez de chuvas.

O manejo de irrigação além de suprir a demanda de água pela cultura, fornece uma estabilidade a produtividade dos grãos, e quando bem planejado e manejado consiste em trabalhar de modo a suprimir a falta de água em períodos de escassez de chuvas, satisfazendo a planta de milho ( MINUZZI, et al 2012).

Segundo Chaudhry (2017), o problema de falta de água para a agricultura ocorre em diversas partes do planeta, e em muitas vezes o uso da água na irrigação não é calculado e dimensionado corretamente. De fato, as empresas e outros meios visam o aumentando da

produtividade através do sistema de irrigação, ocorre uma falta de incentivo aos produtores em questão do uso racional da água no manejo.

Para identificar a necessidade hídrica da cultura, utilizam-se valores da evapotranspiração, que é um dos parâmetros do balanço hídrico. O termo evapotranspiração é usado para descrever o processo de transferência da água para a atmosfera resultante da evaporação do solo e da transpiração dos vegetais. A mensuração da água perdida pela superfície de evaporação e/ou transpiração é de grande importância na determinação das necessidades hídricas, pois esta é a quantidade que deve ser repostada no solo pela chuva, ou, por irrigação (MENDES, 2006).

Evapotranspiração foi o termo utilizado por Thornthwaite no início da década de 40 do século passado, para expressar esta ocorrência simultânea dos processos de evaporação da água no solo e da transpiração das plantas (MENDONÇA et al., 2003).

### **2.1.5 Benefícios do uso da irrigação**

De acordo com Fancelli e Dourado Neto et al.(2000), A irrigação se torna uma alternativa viável financeiramente para a cultura do milho, quando o preço de mercado para a produção deste cereal apresenta um valor significativo interessante, ou em outro caso quando a água se torna um fator limitante na produção da cultura. Fornecendo uma produtividade estável e um manejo com a possibilidade de riscos menores.

Segundo Matsenauer et al. (2002), o sucesso no desempenho produtivo das safras de milho no Estado do Rio Grande do Sul e mais partes do mundo, a cultura depende totalmente da disponibilidade de água ofertada pelo ambiente. Dados de produção mostram que em anos com estiagem a produtividade da cultura do milho tem uma queda significativa, trazendo grandes problemas a atividades que dependem da produção deste cereal.

A utilização da irrigação gera boas condições de ambiente que possibilitam e facilitam para que os produtores possam atingir altas produtividades, além de proporcionar a possibilidade do cultivo de três safras no mesmo ano agrícola. Trabalhando na primeira safra com a cultura do milho, posteriormente a cultura da soja e a possibilidade da terceira safra. (FLUMIGNAN et al., 2015).

Segundo Morogueli (2011), a importância da irrigação é proporcionar umidade certa para cada tipo de cultura, aumentando a produtividade. Se adotada de forma correta, proporciona uma maior lucratividade ao produtor, com impacto direto na redução do



desperdício de água e energia. Por isso então, surge uma necessidade de automatizar esse sistema de irrigação, podendo armazenar água em um reservatório à noite e depois irrigando através da gravidade por válvulas e sensores, ocasionando um conforto para o agricultor, pois o sistema passa a atuar normalmente sem supervisão.

De acordo com Menezes et al. (2015), o sistema de irrigação além de evitar os prejuízos causados pelo estresse hídrico, pode auxiliar de maneira relacionada ao manejo da adubação, facilitando a absorção dos nutrientes e a eficiência do uso pela planta. A irrigação por aspersão contribui no processo após a adubação nitrogenada, de forma que ao aplicar uma lamina de água de 10 a 20 mm, diminui de forma significativa a volatilização de amônia.

### **2.1.6 Sequeiro**

Na produção de sequeiro, há maior incerteza quanto ao resultado, a qual fica limitada aos períodos das chuvas, sendo totalmente dependente das variações climáticas. De maneira geral, nos países em desenvolvimento, os sistemas agrícolas baseados no cultivo de sequeiro são caracterizados por baixas produtividades, comprometendo a capacidade de atender aos mercados e de garantir retornos econômicos e sociais. No Brasil, principalmente na região do Planalto Central, do Cerrado, por exemplo, devido ao período de chuvas, a produção situa-se entre os meses de novembro a abril, podendo ser significativamente ampliada se praticada com irrigação (FAO, 2011).

A agricultura de sequeiro é implantada na lavoura durante o período chuvoso. Torna-se uma agricultura de risco em virtude do sucesso da safra depender da distribuição das precipitações (chuvas), pois estiagem em períodos críticos de desenvolvimento da cultura, como é o caso do florescimento ou enchimento de vagens, pode proporcionar decréscimo no rendimento final (EMBRAPA, 2021).

A disponibilidade de água ofertada pelo ambiente para a planta de milho é uma das causas que mais afeta a produtividade no sistema de produção em sequeiro. A falta de água impede que a planta realize processos essenciais em seu desenvolvimento, diminuindo a sua área foliar e a capacidade de realizar a fotossíntese (Bergamaschi, 1992; Galonet al., 2011; Bergamaschi; Matzenauer, 2014).

Segundo Wagner et al. (2013), o aumento da produtividade no cultivo em sequeiro requer um ajuste das inovações e tecnologias na forma de manejo, de maneira que se encaixe a data de semeadura. Sendo a disponibilidade hídrica um dos principais pontos a serem

analisados na hora da semeadura, escolhendo a melhor época de cultivo buscando maximizar os fatores produtivos.

### **2.1.7 Déficit hídrico**

O milho é uma cultura que possui grande dependência por água, e quando encontrada em níveis de estresse hídrico pode apresentar danos na produtividade geralmente quando ocorre nos períodos de pendramento e enchimento de grãos. A água está diretamente relacionada à absorção e transporte de nutrientes, sendo fundamental para um bom desenvolvimento da planta (CARVALHO et al., 2013; FENNER et al., 2015).

Segundo Souza et al. (2012), quanto mais tempo durar o período de estresse hídrico, mais afetada será a produção da lavoura, independente do período de desenvolvimento da cultura. E de acordo com Bergamaschiet al. (2006) mesmo em anos com um clima estável, poderá ter uma queda em relação a produtividade da cultura do milho, devido ao momento da ocorrência do déficit hídrico, podendo ser encontrado em um dos períodos mais sensíveis da cultura do milho que vai da prefloração ao início do enchimento de grãos.

De acordo com Kunzet al. (2007) o déficit hídrico pode provocar diversos prejuízos a uma planta de milho, afetando seriamente a produtividade de uma lavoura. Isso dependerá da fase de desenvolvimento que a planta se encontra, quanto tempo irá durar esse déficit hídrico e o nível de estresse hídrico que essa planta está sofrendo.

De acordo com Moreira et al. (2010), para definir quando e quanto de água aplicar na cultura estabelecida, deve-se levar em conta vários fatores que podem interferir nesse sistema. Um dos fatores mais importante é a relação solo-planta-atmosfera, de forma que se passa a supervisionar o déficit hídrico na planta. Para que isso aconteça muitos sintomas servem como indicadores, e a utilização desses indicadores depende de aparelhos com custo muito alto, difíceis de serem manejados pelos produtores.

Segundo Paredes et al. (2014), em trabalhos realizados com o objetivo de analisar o desempenho da produtividade da água e o índice econômico da produtividade da água, afirmaram que o melhor desempenho se teve dos tratamentos sem déficit hídrico e irrigação plena.

O déficit hídrico impede o aumento da área foliar, desse modo, reduzindo a capacidade da planta em absorver a energia da luz, reduzindo a nível de ação da fotossíntese. Portanto, a falta de água resulta em plantas estéreis, abortos ou grão murchos, diminui o

aproveitamento por assimilados, ocasionando perda de peso nos grãos e queda na produtividade (ARAUS et al., 2012).

O déficit hídrico causa estresses abióticos nas plantas, que são aspectos limitantes no aumento de produtividade da cultura. Sendo assim, suplementada através de sistemas de irrigação que tem grande influência em períodos de déficit hídrico (AMUDHA; BALASUBRAMANI, 2011).

## 2.2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.2.1 Localização e características do local do experimento

O experimento foi conduzido na área agrícola do Instituto Federal do Rio Grande do Sul - *Campus* Ibirubá no ano agrícola de 2020/2021, conforme a (Figura 2). A área está situada em latitude de 28°38'58" S e longitude de 53°06'14" W, com altitude de cerca de 400 metros acima do nível do mar. Segundo a classificação climática de Köppen-Geiger, o clima da região caracteriza-se como "Cfa" subtropical úmido, com precipitações abundantes bem distribuídas ao longo do ano e estações bem definidas. A precipitação média anual da região é de, aproximadamente, 1650 mm e a temperatura média do município é de 19,1°C. De acordo com Streck et al. (2008), o solo da região é classificado como Latossolo Vermelho, pertencente à unidade de mapeamento Cruz Alta.

**Figura 2: Local do experimento.**



Fonte: Google Earth, 2020.

### 2.2.2 Semeadura e delineamento experimental

A semeadura foi realizada no dia 01/09/2020, sob sistema de plantio direto sob restos culturais de aveia branca, cultivo anterior, onde a mesma foi realizada através de uma semeadora-adubadora modelo Vence Tudo Panther SM como demonstrado na (Figura 3), regulada com espaçamento entre linhas de 45 cm.

O experimento foi caracterizado como bifatorial, onde o fator A foi quatro diferentes híbridos de milho e o fator B foi à disponibilidade hídrica, sendo elas, sequeiro e irrigado (100 % da ETc).

Os híbridos utilizados foram: AG 8780 PRO3, AG 9025 PRO3, KWS 7330 VIP3 e DKB 240 PRO3, na população de 80.000 plantas/ha e as condições hídricas foram de reposição de 100% da Evapotranspiração da cultura (ETc) e não irrigado. O manejo da irrigação foi realizado a partir da evapotranspiração da cultura (ETc).

Visando uma maior proximidade dos resultados com a realidade a campo, todos os tratamentos foram semeados nas mesmas condições, e seguindo as recomendações técnicas para a cultura de acordo com análise de solo realizada na área. A adubação utilizada foi de 300 kg/ha de 02-23-23 NPK sendo aplicados juntamente com a semeadura, assim caracterizando a adubação de base para a cultura implantada. Além disso, posteriormente foram realizadas mais duas aplicações de cobertura nitrogenada, sendo utilizada como fonte a ureia, para ocorrer à suplementação de nutrientes necessários para a cultura, na fase inicial de desenvolvimento da mesma, nos estádios V5 e V7, de acordo com a escala fenológica utilizada no decorrer do trabalho. A primeira aplicação ocorreu no dia 24/10/2020, e a segunda aplicação ocorreu no dia 14/11/2020, respectivamente.

**Figura 3: Semeadura do experimento.**



Fonte: O autor, 2020.

### **2.2.3 Determinação da velocidade de infiltração básica de água no solo através do método do infiltrômetro de anéis concêntricos**

Na sequência das avaliações, foi realizada a taxa de infiltração e velocidade de infiltração de água no solo, através do método de infiltrômetro de anéis concêntricos. Esse método consiste na utilização de dois anéis concêntricos, um interno e outro externo medindo a infiltração vertical e o tempo correspondente, neste caso foram utilizados o modelo de Kostiakov. O objetivo final de realizar esse processo foi verificar se o solo era capaz de absorver o total de lâmina irrigada no experimento. A taxa de infiltração foi determinada utilizando-se o método do infiltrômetro de anel, que consiste em dois anéis, colocados concêntricamente, sendo um menor com diâmetro de 20 cm e o maior com 40 cm, e altura de 15 cm.

Após a instalação dos anéis, enterrando-os no solo até a aproximadamente metade de sua altura, revestiu-se o anel central com plástico e colocou-se água, ao mesmo tempo, nos dois anéis. Retirou-se o plástico e, com uma régua, acompanhou-se a infiltração vertical no cilindro interno, em intervalos de tempo iniciados a um minuto. Observando-se em um cronometro simultaneamente, esse tempo foi aumentando, sendo variável com o tempo de infiltração do volume de água, depois de realizado o método chegamos na VIB do solo média

de 5 – 15 mm/h segundo Fonseca et al. (2006), na (Figura 4) podemos observar o método instalado.

**Figura 4: Método do infiltrômetro de anéis concêntricos.**



Fonte: O autor, 2020.

#### **2.2.4 Manejo da irrigação**

Para a suplementação de água, o experimento contava com um sistema de irrigação por aspersão convencional, com aspersores Agropolo NY-25, espaçados a cada 12 m. Com uma taxa de aplicação de 9,42 mm/hora e um coeficiente de uniformidade de 90% e um coeficiente de distribuição de 85%, dotado de uma linha principal, seguido de duas linhas laterais com cinco tubos de subida distribuídos em cada linha, contabilizando dez dentro de todo o sistema. Além disso, a fonte de água para a realização da irrigação era proveniente de uma caixa d'água localizada perto da área experimental, com uma bomba centrífuga distribuindo água para o sistema, assim realizando a irrigação da lâmina necessária.

A lâmina total a ser irrigada na área foi intermitente, com turno de rega variável, determinada pelo Sistema Irriga®, sendo um software de manejo de irrigação. Este software define a metodologia que rege os critérios de quando irrigar e quanta água aplicar em cada

irrigação são fundamentados em parâmetros agronômicos de cada cultura, nas características do solo da área irrigada, das condições meteorológicas do local, do equipamento de irrigação em combinação com modelos matemáticos de determinação do balanço hídrico do solo, crescimento e desenvolvimento das culturas, evapotranspiração de referência (SISTEMA IRRIGA®, 2023).

Além disso, as irrigações eram realizadas no momento em que o software do Sistema Irriga®, julga-se necessária a irrigação naquele momento, após ser lançado os dados referente a precipitação no sistema, assim as irrigações eram realizadas normalmente no período da tarde, por questão de disponibilidade de se deslocar até o Campus, pois também era um momento em que estávamos enfrentando a pandemia do COVID-19, assim os acessos aos Campus da instituição eram limitados. Por conta desses motivos que foi optado por esse horário para a realização das irrigações.

### **2.2.5 Sistema Irriga®**

O Sistema Irriga® recomenda diariamente a lâmina de água que deve ser aplicada em cada cultura e estima a probabilidade de necessidade de irrigação para os próximos sete dias. A disponibilização das recomendações é feito por meio de acesso ao portal de internet do Sistema Irriga®, que disponibiliza as recomendações 24 horas por dia, sete dias por semana (SISTEMA IRRIGA®, 2023).

A precipitação utilizada foi obtida pela estação meteorológica do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) presente no próprio IFRS – Campus Ibirubá, cujos dados estão disponíveis no site do próprio site do mesmo.

Os dados meteorológicos coletados na estação do INMET e abastecidos diariamente no Sistema Irriga foram os seguintes: Temperatura mínima e máximas diárias (°C), velocidade do vento a altura da estação (m/s), radiação solar, umidade relativa diária (%), precipitação (mm), evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>). Tais dados climáticos foram retirados do site do INMET, contudo, a ET<sub>o</sub> foi calculado pela equação de Penman-Monteith, utilizando estes dados meteorológicos através de planilha eletrônica disponibilizada pela Embrapa.

Para processar a recomendação de irrigação são considerados parâmetros agrônômicos da cultura, características do solo, equipamento de irrigação e dados climáticos obtidos através de Estações Meteorológicas Automáticas.

O sistema ajusta perfeitamente as necessidades hídricas das culturas com a demanda climática, pois leva em consideração a influência de todos os fatores do balanço hídrico, contribuindo diretamente para que a água seja utilizada racionalmente (SISTEMA IRRIGA®, 2023).

### **2.2.6 Fenologia, ciclo da cultura e tratos culturais**

Neste trabalho, a escala fenológica utilizada foi a de Ritchie, Hanway e Benson (1993) conforme descrito no quadro 1, que, segundo Bergamaschi e Matzenauer (2014), passou a ser adotada na descrição da fenologia do milho. Ela manteve grande parte dos critérios da escala de Hanway (1963), sobretudo nos estádios reprodutivos. Porém, os estádios vegetativos passaram a ter maior detalhamento. A cada nova folha totalmente expandida corresponde um estágio vegetativo. Os símbolos que representam os estádios vegetativos são formados pela letra V e um algarismo que corresponde ao número de folhas totalmente expandidas. Os estádios reprodutivos passaram a ter símbolos formados pela letra R e um algarismo correspondente à sequência dos mesmos estádios da escala de Hanway (1963).

A identificação dos principais estádios fenológicos foi realizada em plantas previamente marcadas e identificadas, utilizando a escala fenológica de Fancelli (1986).

Durante o transcorrer do ciclo foram avaliadas em duas plantas o estágio fenológico e os aspectos de crescimento e produtividade das plantas a partir das condições em que estão estabelecidas em intervalos semanais, sendo marcadas essas plantas e realizada a avaliação sempre na mesma planta.

Conforme a cultura do milho foi se desenvolvendo, a exemplo de outras culturas importantes, vem merecendo atenção e estudos continuados. Durante as últimas décadas do Século XX, a escala fenológica descrita por Hanway (1963, 1966) foi a mais utilizada em todo o mundo. Ela consta de uma sequência de estádios numerados em ordem crescentes, da emergência das plântulas à maturação fisiológica dos grãos. Sua clareza e simplicidade tornaram esta escala amplamente conhecida e adotada, internacionalmente. Contudo, neste trabalho foi utilizada a escala de Ritchie, Hanway e Benson (1993).



A estatura de plantas foi determinada de forma não destrutiva, nas mesmas plantas utilizadas para a identificação dos estádios fenológicos, medindo-se a distância entre a superfície do solo e a última folha completamente expandida.

Durante o ciclo do milho buscando manter a sanidade fisiológica da cultura foram realizadas aplicações de produtos fitossanitários que ocorreram nos dias 12/10/2020 e 31/10/2020, primeiramente foi aplicado o herbicida Primatop (atrazina) na proporção de 8L/ha, convertendo para o tamanho de área necessário na quantidade de 1,63L/ha e Egeo pleno (tiametoxam + lambda-cialotrina) na proporção de 0,250L/ha, convertendo para o tamanho de área foi de 0,051L/ha, estes produtos visando às plantas, doenças e pragas indesejadas que estavam na área do experimento. As aplicações destes produtos realizadas de acordo com as necessidades da cultura para o estado do Rio Grande do Sul.

**Quadro 1.** Escala de Ritchie, Hanway e Benson (1993).

<p><b>Estádios vegetativos</b></p> <p>VE emergência</p> <p>V1 primeira folha</p> <p>V2 segunda folha</p> <p>V3 terceira folha</p> <p>V(n) enésima folha</p> <p>VT pendoamento</p> <p><b>Estádios reprodutivos</b></p> <p>R1 espigamento (polinização)</p> <p>R2 grão em bolha</p> <p>R3 grão leitoso</p> <p>R4 grão pastoso</p> <p>R5 grão dentado</p> <p>R6 maturação fisiológica</p>
--

### 2.2.7 Avaliações

As avaliações foram realizadas conforme o desenvolvimento da cultura do milho, sendo avaliados aspectos relacionados aos componentes de rendimento da cultura. Sendo assim, foram avaliados os seguintes fatores: a altura de plantas (AP), altura de inserção de espiga (AIE), número de fileiras de grãos por espiga (NFE), número de grãos por espiga (NGE), número de grãos por fileira (NGF), massa de mil grãos (MMG) e a produtividade final em Kg por hectare.

A avaliação de altura de plantas (AP) foi realizada de forma manual, avaliando duas plantas aleatórias dentro de cada parcela, utilizando uma fita métrica, graduada em (cm e mm) sendo considerada a distância da superfície do solo até a folha bandeira da planta. Essas plantas foram avaliadas ao atingirem a maturidade fisiológica (R6), segundo a metodologia proposta por Carvalho et al. (2014).

A avaliação de altura de inserção de espiga (AIE) foi realizada de forma manual, utilizando uma fita métrica, graduada em (cm e mm) sendo considerada a distância da superfície do solo até a inserção da primeira espiga. Essas plantas foram avaliadas ao atingirem a maturidade fisiológica (R6), segundo a metodologia proposta por Carvalho et al. (2014).

A avaliação para número de fileiras por espiga (NFE) foi realizada após a colheita das parcelas, sendo realizada a colheita das três fileiras centrais de cada parcela totalizando 6,0 metros de comprimento. A contagem do número de fileiras por espiga foi realizada de forma manual contando de uma a uma, seguindo a metodologia adaptada de Silva *et al.* (2014).

A avaliação do número de fileiras de grãos (NFG) foi realizada após a colheita das parcelas, também sendo realizada a colheita das três fileiras centrais de cada parcela, a contagem do número de fileiras de grãos na espiga foi realizada de forma individual de fileira por fileira, onde os resultados foram apresentados sem unidades, seguindo a metodologia de Olivoto et al. (2018).

- O número de grãos por fileira (NGF), foi realizada após a colheita das parcelas, também das três fileiras centrais de cada parcela, a contagem dos grãos de foi realizada em cada uma das espigas, realizando a contagem dos grãos de modo individual, seguindo a metodologia adaptada de Silva et al. (2014).

- Massa de mil grãos (MMG): caráter determinado por meio da contagem e depois

pesagem dos grãos, em amostragem com 100 grãos, e por sequencia transformados para mil grãos por unidade experimental, posteriormente determinou-se a massa de cada sub amostra, e os dados obtidos foram corrigidos para 13% de umidade, resultados em gramas, seguindo a metodologia proposta por Olivoto et al. (2018).

Para a avaliação da produtividade de grãos foram colhidas nos dias 13/02/2021 e 19/02/2021 de forma manual as três fileiras centrais de cada parcela, totalizando 6 metros de comprimento. A área útil colhida em cada parcela totalizou 5,4 m<sup>2</sup>, de modo que a quantidade de plantas colhidas variou de acordo com a população de plantas. Na população de 80 mil plantas por hectare, o número de plantas por m<sup>2</sup> era de 8 plantas, com um total de 43 plantas em 5,4m<sup>2</sup>. Após a colheita as espigas foram trilhadas e os grãos foram separados em sacos plásticos, etiquetados de forma individual.

Para a avaliação da produtividade de grãos, foi realizada no Laboratório de Sementes do IFRS - Campus Ibirubá, onde foi realizada a pesagem de cada amostra usando uma balança de precisão e um balde de plástico, realizando a pesagem do balde de plástico com o objetivo de tarar a balança e consequentemente a pesagem das amostras.

A determinação da umidade dos grãos foi realizada através de um equipamento medidor de umidade de grãos portátil G650i (Figura 5), e após as amostras pesadas e com a determinação de umidade realizada, a produtividade obtida em cada parcela foi corrigida para 13%.

**Figura 5: Análise de umidade das amostras de grãos de milho.**



Fonte: O autor, 2021.

### 2.2.8 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) utilizando o programa computacional SISVAR. Quando significativas médias foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

## 2.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 2.3.1 Distribuição pluviométrica

No intervalo de tempo de realização do trabalho, o regime de distribuição das precipitações se caracterizou como abaixo do normal, ou seja, com menor volume precipitado em relação à média histórica conforme pode ser observado na (Tabela 1).

O ano agrícola 2020/2021 foi caracterizado por ter precipitação média mensal muito abaixo do normal no início do ciclo da cultura do milho para o estado do Rio Grande do Sul, sendo isso, um fator importante a ser elevado em conta neste trabalho, pois interferiu diretamente na necessidade de irrigação. Contudo, a precipitação começou a se normalizar no início do ano de 2021, apresentando médias normais e até superiores a normal climatológica.

**Tabela 1: Precipitação acumulada e lâmina aplicada ao longo do ciclo da cultura do milho em todos os meses, desde sua semeadura até a colheita.**

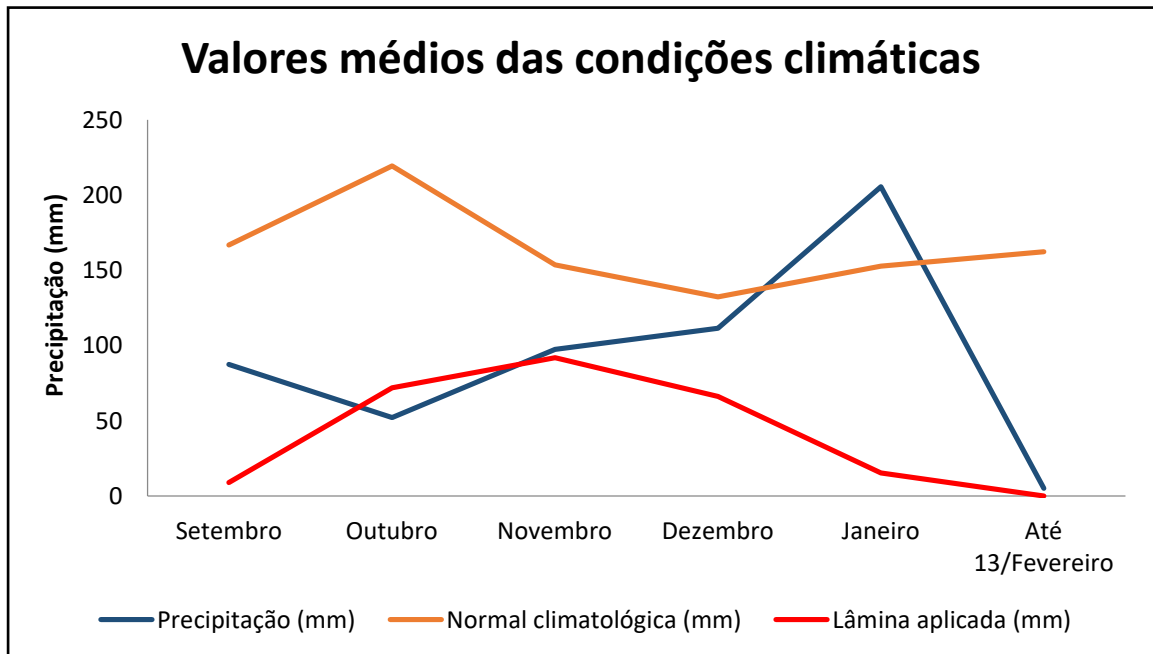
Mês	Precipitação (mm)	Normal climatológica (mm)	Lâmina aplicada (mm)	Temperatura média (°C)
Setembro	87,4	166,7	9,00	22
Outubro	52,2	219,3	71,92	25
Novembro	97,4	153,6	91,93	27
Dezembro	111,4	132,4	66,23	28
Janeiro	205,4	152,8	15,46	28
Até 13/Fevereiro	5,2	162,4	0,00	28
Total	559	987,2	254,54	158

Os dados meteorológicos fornecidos pela SOMAR Meteorologia, datam em uma série de 30 anos, as médias mensais históricas nos meses de setembro, outubro, novembro,

dezembro, janeiro e fevereiro, tem precipitação acumulada de 987,2mm para a cidade de Ibirubá/RS. A Figura 6, demonstra os efeitos do déficit hídrico da cultura durante o seu ciclo.

Além disso, podemos determinar a quantidade de água total aplicada em cada fase de desenvolvimento da cultura, sendo elas, fase vegetativa e reprodutiva. Onde que na fase vegetativa obtivemos o valor total de 100,92mm de água aplicada através da irrigação. Por outro lado, na fase reprodutiva tivemos o valor de 153,02mm de água aplicada através da irrigação, então através disso, podemos classificar a fase reprodutiva que vai de R1 até R6 atingindo a sua maturidade fisiológica, como a de maior demanda hídrica da cultura do milho.

**Figura 6: Médias das condições climáticas durante o ciclo da cultura.**



Fonte: O autor, 2023.

Contudo, Silva (2013), verificou que a média mensal histórica para a cidade de Ibirubá/RS, nos anos agrícolas de 1982/1983 até 2011/2012, nos meses de outubro, novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março tem precipitação acumulada de 975,9mm. Além disso, foi verificado que o total máximo acumulado histórico nos meses em questão foi de 2.667,6mm e o total mínimo precipitado histórico foi de 390 mm.

Segundo Matzenauer et al., (2002) afirmam que toda a metade Sul e o extremo Oeste do estado do RS apresentam fortes restrições ao cultivo do milho em decorrência do déficit hídrico e que a cultura necessita, em média, entre 412 e 648 mm de água durante seu ciclo.

Contudo, de acordo com Kopp (2015 *apud* Petry 2004), estudando 13 anos de dados meteorológicos em cinco regiões agroecológicas do RS, concluiu que a lâmina de água acumulada necessária à complementação da necessidade hídrica da cultura do milho variou com a época e com a região de cultivo. A maior demanda hídrica da cultura no presente trabalho foi na fase reprodutiva da mesma, onde que também se observou maiores temperaturas diárias, colaborando para essa maior demanda de água e stress hídrico.

**Figura 7: Déficit hídrico na cultura do milho em sequeiro durante o trabalho.**



Fonte: O autor, 2020.

Em condições irrigadas, observou-se que houve variação de ciclo de desenvolvimento dentro das condições que os híbridos estavam estabelecidos, uma vez que os híbridos de milho possuem diferentes classificações quanto ao ciclo demonstrado na (Tabela 2).

As fases VT, R1 e R5 são as mais sensíveis com relação ao déficit hídrico, que, a depender da sua duração, pode comprometer até 50% da produtividade. Estresse hídrico e temperaturas elevadas (acima de 35°C) podem reduzir drasticamente a produção (EMBRAPA, 2006).

**Tabela 2: Ciclo dos diferentes híbridos de milho (KWS7330 VIP3, DKB240 PRO3, AG8780 PRO3, AG9025 PRO3).**

Híbridos	Ciclo
DKB 240 PRO3	Superprecoce
AG9025 PRO3	Superprecoce
AG8780 PRO3	Rápido
KWS 7330 VIP3	Hiperprecoce

A safra 2020/21 de milho no estado do Rio Grande do Sul foi marcada por uma severa estiagem, comprometendo o desenvolvimento das plantas conforme pode ser observado na Figura 8. Desta forma, foi possível verificar ainda que houveram diferenças em relação aos ciclos nos diferentes híbridos utilizados. Este fato se justifica devido ao híbrido KWS 7330 VIP3 ter maturado fisiologicamente primeiro aos 152 dias. No entanto, os híbridos AG9025 PRO3, AG8780 PRO3 e DKB 240 PRO3, apresentaram comportamento similar, iniciando a maturação uma semana depois, aos 159 dias.

Assim, segundo Leite et al., (2005), a escolha do híbrido deve ser realizada tendo em vista as condições de cultivo e de modo a satisfazer as demandas de mercado, principalmente quanto à produtividade de grãos e de óleo e quanto à qualidade do óleo. Outras características também são importantes na seleção, como altura de planta e ciclo precoce. O porte baixo é desejável, por facilitar os tratos culturais, como a aplicação de agroquímicos; e a precocidade facilita a adequação da época de semeadura dentro do sistema de produção das regiões de cultivo.

### **2.3.2 Componentes de rendimento da cultura**

Os componentes de produtividade podem ser subdivididos em componentes primários, que afetam de forma direta a produtividade, e em secundários, que possuem relação indireta com a produtividade. Os três componentes primários do milho são o número de plantas por hectare, o número de grãos por espiga (relação entre o número de fileiras por espiga e número de grãos em cada fileira) e a massa de grão, os quais são influenciados pelo manejo e ambiente em diferentes fases do desenvolvimento e pelo potencial genético do híbrido. Então, o primeiro resultado que será abordado serão os dados da (Tabela 3) que são os valores médios de número de grãos produzidos por espiga (NGE), de quatro diferentes híbridos de milho, em distintas condições hídricas.

**Tabela 3: Valores médios de número de grãos produzidos por espiga (NGE), entre os quatro diferentes híbridos de milho (KWS7330 VIP3, DKB240 PRO3, AG8780 PRO3, AG9025 PRO3), sob diferentes condições hídricas, irrigado e sequeiro na safra 2020/2021.**

Híbridos	Irrigado	Sequeiro
DKB 240 PRO3	746,67aA*	659,33aB
AG 9025 PRO3	740,00aA	644,00aB
AG 8780 PRO3	733,33aA	593,33bB
KWS 7330 VIP3	656,67bA	545,00cB
Médias	719,16A	610,41B
CV	1,12	

\*Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Os resultados obtidos para números de grãos produzidos em diferentes condições hídricas, conforme apresentado na (Tabela 3), demonstram que houve diferença estatística significativa para esses parâmetros. O híbrido que alcançou maior resultado na condição de irrigado foi o híbrido DKB 240PRO3, atingindo uma média de 746,67 grãos por espiga, não diferindo estatisticamente dos demais híbridos, enquanto que as menores médias para as condições irrigadas foram encontradas nos híbridos AG 8780 PRO3, que não diferiu do KWS 7330VIP3, que atingiu a média de 656,57 grãos por espiga, sendo assim a menor média.

Da mesma forma em condições de sequeiro o híbrido que alcançou maior resultado foi o DKB 240PRO3, atingindo uma média de 659,33 grãos por espiga, porém não diferindo do híbrido AG9025PRO3, enquanto que as menores médias para as condições de sequeiro foram do híbrido AG 8780PRO3 que difere do híbrido KWS 7330VIP3, que atingiu a média de 545,00 grãos por espiga, sendo assim a menor média para a condição de sequeiro.

Fornasieri Filho (2007) cita que altas densidades populacionais podem causar alterações morfológicas e fisiológicas, entre elas, o aumento do número de plantas sem espigas.

O número de grãos produzidos por espiga está diretamente relacionado ao genótipo de cada híbrido de milho. Esses híbridos de alta capacidade produtiva são menos tolerantes às influências ambientais, o que pode resultar em menor formação de grãos por espiga em altas densidades de semeadura.

Os resultados obtidos mostram que a seleção de híbridos é um fator chave para alcançar uma produtividade satisfatória. O manejo das lavouras usando tecnologia híbrida moderna permite a utilização de altas densidades. Se as plantas puderem reter altos níveis de



fotoassimilados, elas podem desenvolver melhores espigas, evitar o aborto de óvulos fertilizados e aumentar o número de grãos por espiga (SANGOI et al., 2013).

As reduções no número de grãos por espiga e na massa do grão com o incremento da densidade de plantas podem ser atribuídas ao aumento da competição intraespecífica pelos recursos disponíveis no ambiente. Altas densidades de plantas geralmente reduzem os suprimentos de N, fotoassimilados e água às espigas (SANGOI, 2000). Além disso, decréscimos no número de grãos por espiga em função da deficiência hídrica também foram observados por (ÇAKIR, 2004) e (MOSER et al. 2006).

Na Tabela 4, são demonstrados os resultados dos valores médios de altura de inserção de espiga, de quatro diferentes híbridos de milho, em diferentes condições hídricas na safra 2020/2021.

**Tabela 4: Valores médios de altura de inserção de espiga (cm), entre os quatro diferentes híbridos de milho (KWS7330 VIP3, DKB240 PRO3, AG8780 PRO3, AG9025 PRO3), sob diferentes condições hídricas, irrigado e sequeiro na safra 2020/2021.**

Híbridos	Irrigado	Sequeiro
DKB 240 PRO3	123,13bA*	120,40bB
AG9025 PRO3	124,40bA	120,36bB
AG8780 PRO3	137,33aA	124,60aB
KWS 7330 VIP3	119,53cA	116,50cB
Médias	126,09A	120,46B
CV	0,79	

\*Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Como podemos observar na (Tabela 4), a altura inserção de espiga em condições de sequeiro, foi menor em comparação as plântulas que estavam em condições irrigadas. Portanto, podemos notar a importância da irrigação na cultura do milho, pois houve grande diferença no desenvolvimento dos híbridos, nessas condições.

Para a altura de inserção de espiga de acordo com a (Tabela 4) acima, observou-se que para o tratamento com os diferentes híbridos de milho em distintas condições hídricas houve diferença estatísticas significativa. Contudo, foi possível observar uma diferença nas médias das alturas nos diferentes híbridos do presente trabalho, onde o híbrido que obteve maior média em condições irrigadas foi o AG8780 PRO3, seguido pelo híbrido AG9025 PRO3, que

também acabou se destacando na condição de sequeiro obtendo a maior média de altura de inserção de espiga seguido pelo híbrido DKB 240PRO3.

O que é desejável na cultura, pois a menor distância entre o solo e o ponto de inserção da espiga contribui para o melhor equilíbrio da planta, minimizando a quebra de colmos, principalmente em populações mais elevadas, nas quais o diâmetro desse órgão vegetativo é menor (SANGOI et al., 2002).

Os resultados não corroboram com os de Neumann et al. (2018), que em seu trabalho realizado, os valores de altura de inserção de espiga (AE), para os híbridos trabalhados não apresentou diferença estatística significativa.

A altura de inserção da espiga (AIE) sofre influência do ambiente de cultivo e da densidade de semeadura, assim maiores AIE são observadas em maiores densidades de semeaduras (PENARIOL 2003), efeito causado pela dominância apical do pendão (SANGOI et al. 2011).

AIE foi influenciado pelas condições ambientais. Quando comparados os ambientes de cultivo, observa-se que a menor magnitude foi observada em condições de sequeiro e a maior em condições de irrigado (Tabela 4). Ao comparar os diferentes híbridos, observa-se uma diferença em condições irrigadas de 17,8cm de AIE entre o híbrido mais alto AG8780 PRO3 e o mais baixo KWS 7330 VIP3. Por outro lado, em condições de sequeiro observa-se uma diferença menor entre os híbridos na mesma condição que foi de 8,1cm de AIE, sendo assim os mesmos híbridos das condições de irrigado.

Todas as plantas de milho seguem um mesmo padrão de desenvolvimento; porém, o intervalo de tempo específico entre os estádios e o número total de folhas desenvolvidas pode variar entre diferentes híbridos, ano agrícolas, data de plantio, local e em condições tanto irrigada como de sequeiro (EMBRAPA, 2006).

Na (Tabela 5), são demonstrados os resultados dos valores médios de altura de planta (AP), de quatro diferentes híbridos de milho, em diferentes condições hídricas na safra 2020/2021.

**Tabela 5: Valores médios da altura de plantas (cm), entre os quatro diferentes híbridos de milho (KWS7330 VIP3, DKB240 PRO3, AG8780 PRO3, AG9025 PRO3), sob diferentes condições hídricas, irrigado e sequeiro na safra 2020/2021.**

Híbridos	Irrigado	Sequeiro	Médias irrigado/sequeiro
DKB 240 PRO3	241,16aA*	181,20aB	211,18a
AG 9025 PRO3	230,83bA	176,16abB	203,50b
AG 8780 PRO3	240,00aA	180,16aB	210,08a
KWS 7330 VIP3	224,33bA	170,00bB	197,16c
Médias	234,08A	176,88B	205,48
CV		1,37	

\*Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Para a altura de plantas (AP), de acordo com a (Tabela 5), observou-se que para o tratamento com diferentes híbridos, não houve diferença estatística significativa. Apesar disso, foi possível observar médias de altura de plantas distintas entre os híbridos, onde que o híbrido que obteve maior média de (AP) no tratamento irrigado foi o DKB 240 PRO3, seguido pelo híbrido AG8780 PRO3.

Já em condições de sequeiro, também não houve diferença estatística significativa dentre os híbridos. Mas foi possível observar médias de altura de plantas distintas entre os híbridos, onde o híbrido DKB 240 PRO3 obteve maior média de altura de plantas seguida da mesma forma pelo híbrido AG8780 PRO3.

Pesquisas indicam que a altura de planta (AP) é uma característica resultante da interação da composição genética com os ambientes de cultivo e sistemas de manejo, onde sua correlação com os componentes de rendimento como comprimento da espiga e número de grãos por fileira podem assumir distintos sentidos (DOURADO NETO 2003). As maiores diferenças na altura de plantas foram observadas em condições irrigadas (Tabela 5).

Nos resultados encontrados por Calonego et al. (2011), afirmam que com elevadas densidades de semeadura, tendem a aumentar a estatura das plantas, devido a competição interespecífica das plantas por luz. Tal resultado corrobora com os obtidos pelos demais híbridos presentes no trabalho.

Os resultados não corroboram com as pesquisas de CARVALHO et al. (2014), onde evidenciaram maiores alturas de planta em híbridos de milho quando cultivados em sistema sequeiro.

Soares et al. (2012) consideram que os componentes de produção do milho estão diretamente relacionados com o nível de água disponível no solo. Em seus estudos com milho

irrigado constatou que a altura de planta (175 cm onde menor disponibilidade hídrica e 188cm onde maior disponibilidade hídrica), bem como algumas outras características são incrementadas quando as plantas não sofrem estresse hídrico. Foi o que ocorreu neste trabalho, sendo estes valores maiores dos citados acima, pois quando irrigado atingiu média de 234,08 cm e em sequeiro 176,88 cm (Tabela 5).

Outro efeito causado pelo estresse hídrico no início do cultivo está relacionado com a perda de turgescência celular e conseqüentemente o fechamento estomático, redução na assimilação de CO<sub>2</sub> e inibição do processo fotossintético, tanto no que se refere ao transporte de elétrons como nos eventos bioquímicos e na atividade enzimática o que pode conseqüentemente ter afetado o crescimento das plantas (NASCIMENTO et al., 2008).

Observou-se um maior crescimento nos híbridos em que foi disponibilizado maior aporte hídrico, conforme pode ser visualizado na (Figura 8). É possível observar as diferenças entre uma planta irrigada e uma de sequeiro, pois os materiais em condições irrigadas avançaram em desenvolvimento em relação aos de sequeiro, onde que mesmo híbrido e mesma época de semeadura, mas com diferença de uma fase fenológica adiantada em relação ao outro, como por exemplo, o material de sequeiro em V3 e o mesmo material de irrigado em V5, sendo eles o híbrido AG 9025 PRO3 caracterizando que a água é um dos principais limitantes de desenvolvimento e crescimento da cultura.

**Figura 8: Diferença na estatura de plantas, irrigado (A) x sequeiro (B).**



Fonte: O autor, 2020.

Na (Tabela 6), observamos os valores médios do número de fileiras de grãos por espiga (NFGE), produzidos durante todo o ciclo da cultura, dos quatro diferentes híbridos, nas distintas condições hídricas de irrigado e sequeiro. O número de fileiras por espiga é definido quando a planta apresenta de 8 a 12 folhas expandidas (aproximadamente um mês após a emergência da plântula).

**Tabela 6: Valores médios do número de fileiras de grãos por espiga (NFGE), entre os quatro diferentes híbridos de milho (KWS7330 VIP3, DKB240 PRO3, AG8780 PRO3, AG9025 PRO3), sob diferentes condições hídricas, irrigado e sequeiro na safra 2020/2021.**

Híbridos	Irrigado	Sequeiro	Médias irrigado/sequeiro
DKB 240 PRO3	14,00bA*	14,00aA	14,00b
AG 9025 PRO3	15,66abA	15,00aA	15,33ab
AG 8780 PRO3	15,00bA	14,66aA	14,83ab
KWS 7330 VIP3	17,33aA	15,33aB	16,33a
Médias	15,50A	14,75A	15,12
CV		6,35	

\*Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Os resultados obtidos para número de fileiras de grãos por espiga (NFGE), em diferentes condições hídricas e distintos híbridos, demonstrou que não houve diferença estatística significativa conforme apresentado na (Tabela 6), apesar disso, houve diferença nas médias de cada híbrido em cada tratamento.

Para as condições de irrigado, houve variação de médias de número de fileiras de grãos por espiga, onde que o híbrido que obteve maior média foi o KWS 7330 VIP3, com média de 17,33 fileiras de grãos por espiga, seguido pelo híbrido AG 9025 PRO3, e logo após com a terceira maior média produzida o híbrido AG 8780 PRO3. A menor média nas condições de irrigado foi produzida pelo híbrido DKB 240 PRO3.

Nas condições de sequeiro, o híbrido que obteve maior média de fileiras de grãos por espiga foi o KWS 7330 VIP3, não diferindo estatisticamente da segunda maior média obtida pelo híbrido AG 9025 PRO3. As duas menores médias produzidas ficaram por conta dos híbridos AG 8780 PRO3 e o DKB 240 PRO3, com os valores médios de 14,66 e 14,00 de fileiras de grãos por espiga respectivamente.

O número de fileiras de grãos por espiga (NFGE) se apresentou semelhante para as diferentes condições hídricas impostas conforme a (Tabela 6). Entre os híbridos as médias de

fileiras de grãos por espiga nas condições de irrigado e sequeiro, a maior média produzida foi do híbrido KWS 7330 VIP3, diferenciado da menor média produzida que foi do híbrido DKB 240 PRO3. Apesar disso, a segunda e a terceira média de fileiras de grãos por espiga não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

Visando o incremento no rendimento, é importante ressaltar que a seleção baseada em uma única característica pode ocasionar problemas, principalmente se esta não for diretamente relacionada com o interesse. No caso do (NFGE), pesquisas com híbridos simples, indicaram que seu aumento resulta em maior número de grãos por espiga, contudo estes grãos tendem a apresentar menor massa específica (LOPES et al. 2007).

Segundo Felisberto et al. (2016), o processo de produção do número de fileira de grãos por espiga, ocorre durante os estádios vegetativos, que se encerra no momento de formação da boneca do milho e são mantidos até se encerrar o ciclo da planta, podendo apresentar influencia na produtividade final da cultura.

Ribeiro et al. (2020) estimou que uma espiga de milho, para alcançar altas produtividades, deve ter 14 fileiras e conter cerca de 519 grãos por espiga.

No estágio V8, inicia-se a queda das primeiras folhas e o número de fileiras de grãos é definido. Durante esse estágio, constata-se a máxima tolerância ao excesso de chuvas. No entanto, encharcamento por períodos de tempo maior que cinco dias poderá acarretar prejuízos consideráveis e irreversíveis, (EMBRAPA, 2006).

A associação do número de fileiras de grãos por espiga e o número de grãos por fileira resulta no número final de grãos por espiga. O número de grãos por fileira é estabelecido e influenciado por fatores de manejo e ambiente (NIELSEN, 2007; MONTEIRO, 2009).

Assim, o número total de grãos por espiga apresenta grande variação, comparado com os demais componentes primários e, nesse contexto, o valor de 519 grãos por espiga permite garantir altas produtividades, sendo que valores maiores que estes podem reduzir a massa de grãos, influenciando negativamente na produtividade final (ANDRADE et al., 1999; LOPES et al., 2007). Além disso, cabe ressaltar que o número de fileiras de grãos por espiga, foi observado no maior momento de stress hídrico da cultura.

Na (Tabela 7), podemos observar os valores médios de massa de mil grãos (Kg/ha), produzidos durante todo o ciclo da cultura, nos quatro diferentes híbridos na safra de 2020/2021.

**Tabela 7: Valores médios de massa de mil grãos (g), entre os quatro diferentes híbridos de milho (KWS7330 VIP3, DKB240 PRO3, AG8780 PRO3, AG9025 PRO3), sob diferentes condições hídricas, irrigado e sequeiro na safra 2020/2021.**

Híbridos	Irrigado	Sequeiro	Médias irrigado/sequeiro
DKB 240 PRO3	13430,30abA*	9209,46aB	11319,88ab
AG 9025 PRO3	15905,60aA	10739,70aB	13322,65a
AG 8780 PRO3	11162,63bA	7744,36abB	9453,50bc
KWS 7330 VIP3	9748,06bA	4383,80bB	7065,93c
Médias	12561,65A	8019,33B	10290,49
CV		16,16	

\*Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Ao analisar os valores das médias para massa de mil grãos (g), dos quatro diferentes híbridos em distintas condições hídricas conforma (Tabela 7). Para o tratamento das diferentes condições hídricas, os híbridos não apresentaram diferença estatística significativa entre as variáveis analisadas. Sendo que a maior média para a massa mil de grãos em condições irrigadas pertencente ao híbrido AG 9025 PRO3 com o valor 15.905,60g, seguido pelo híbrido DKB 240 PRO3 com média de 13.430,30g.

Para as condições de sequeiro, os híbridos que mais se destacaram apesar das dificuldades climáticas, foi com a maior média o AG 9025 PRO3 com valor de 10.739,70g, seguido pelo híbrido DKB 240 PRO3 com média de 9.209,46g.

Os resultados das médias do tratamento irrigado e sequeiro obtiveram diferença pelo teste F, mas não havendo diferença estatística significativa os tratamentos. Apesar disso, a média geral dos híbridos em condições irrigadas ficou em 12.561,65g e a média dos híbridos em sequeiro foi de 8.019,33g

Estudos elencam a massa de mil grãos, como um dos caracteres determinantes ao potencial de rendimento de um híbrido, podendo ser utilizada na seleção indireta, visando incremento no rendimento (NATARAJ et al., 2014; KUMAR et al., 2015).

Os resultados encontrados para as condições de sequeiro nesse estudo são semelhantes ao de Kappers et al. (2011), que obtiveram uma correlação negativa de (-0,66) em relação a massa de mil grãos.

Esse resultado tem correlação negativa em relação ao número de grãos produzidos por espiga, pois quando a média de massa de mil grãos for maior que e a média do número de grãos produzidos por espiga apresentou menor resultado, assim sendo constatado que ocorre

uma maior concentração de fotoassimilados nesses grãos, acarretando em um maior peso de grão.

No geral o cultivo com irrigação é significativamente melhor em relação ao cultivo em sequeiro, para algumas variáveis onde as precipitações atenderam as necessidades da cultura (Tabela 7). Além disso, de acordo com Sangoi et al. (2016), a competição entre as plantas de milho por água, luz e nutrientes quando expostas a altas densidades, acarreta em uma redução de fotoassimilados e conseqüentemente não atendendo as demandas para o enchimento dos grãos.

A média da massa de mil grãos de irrigado e sequeiro juntos se difere, onde os híbridos que alcançaram maiores valores com os dois tratamentos foram o AG 9025 PRO3 e o DKB 240PRO3 com valores de 13.322,65g e 11.319,88, respectivamente.

Esses resultados estão relacionados com o potencial produtivo de cada híbrido trabalhado, e posteriormente certos híbridos quando manejados em diferentes condições hídricas sofrer mais devido à competição por água e nutrientes entre as plantas. Outro fator relacionado a esse comportamento seria o fato da redução dos fotoassimilados disponíveis para atender a demanda de enchimento de grãos, que é causada em ambientes de estresse hídrico da cultura durante seu desenvolvimento.

Na Tabela 8, podemos observar as médias de produtividade de cada híbrido (Kg/ha), produzidos durante todo o ciclo da cultura, nos quatro diferentes híbridos na safra de 2020/2021.

**Tabela 8: Valores médios de peso (Kg/ha), entre os quatro diferentes híbridos de milho (KWS7330 VIP3, DKB240 PRO3, AG8780 PRO3, AG9025 PRO3), sob diferentes condições hídricas, irrigado e sequeiro na safra 2020/2021.**

Híbridos	Irrigado	Sequeiro
DKB 240 PRO3	16119,89abA*	10218,25aB
AG 9025 PRO3	18297,17aA	12599,81aB
AG 8780 PRO3	13645,4abA	8460,92abB
KWS 7330 VIP3	11628,74bA	4651,52bB
Médias	14922,80A	8982,62B
CV	17,46	

\*Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Então conforme a Tabela 8, podemos notar a diferença de produtividade nas médias não havendo diferença estatística significativa para os tratamentos, em cada híbrido distinto,



onde a maior produção se obteve no híbrido AG9025 PRO3, que apresentou em condições irrigadas média de 18.297,17 kg/há, seguido pelo híbrido DKB 240 PRO3 com média de 16.119,89 Kg/ha. Nas mesmas condições os híbridos que menos se destacaram foram o AG8780 PRO3 e o KWS 7330 VIP3, apesar disso, suas médias de produtividade foram consideradas boas para essas mesmas condições hídricas. Conforme a Agroceres recomenda é um produto de excelente desempenho com estabilidade, com destaque para ambientes de alto teto produtivo. Além de apresentar excelente peso de 1000 grãos, excelente uniformidade de espiga e superprecocidade.

Para as condições de sequeiro o híbrido que atingiu maior média de produção foi o AG 9025 PRO3 com média de 12.599,81 Kg/ha, seguido pelo híbrido DKB 240 PRO3 com média de 10.218,25 Kg/ha. E os híbridos que tiveram as piores médias de produtividade foram o AG 8780 PRO3 e o KWS 7330 VIP3, da mesma forma que nas condições irrigadas.

Contudo, as médias diferem somente pelo teste F para o tratamento em diferentes condições hídricas, irrigado e sequeiro. Onde que para as condições de irrigado a média de produtividade geral entre os quatro híbridos ficou em 14.922,80 Kg/ha, já para as condições de sequeiro as médias dos quatro híbridos trabalhados ficou em 8.982,62 Kg/ha. Essa grande diferença entre as médias de produção se explica devido ao tratamento com irrigação apresentar maior disponibilidade de água para a planta em comparação ao tratamento de sequeiro, apesar disso, não houve diferença estatística significativa.

Dessa forma, observou-se através do experimento que os híbridos que possuem uma tecnologia mais avançada, ou, os que possuem um maior potencial produtivo, conseguiram apresentar um melhor desempenho em relação à produtividade quando submetidos a diferentes condições hídricas.

Farré Faci (2006) verificou uma redução de 82% na produção quando analisou a cultura do milho em sistema irrigado e não irrigado, a produção foi de 1.082 g m<sup>-2</sup> em condições irrigadas e 195 g m<sup>-2</sup> sem irrigação.

Além disso, em condições irrigadas o AG 9025 PRO3 produziu mais que o KWS 7330 VIP3 em sequeiro, isso se deve ao fato de utilizarmos tecnologias de híbridos de milho mais atuais, o que podemos evidenciar nos resultados de produtividade do presente trabalho, onde que híbridos com tecnologias mais avançadas se destacaram em comparação ao híbrido menos tecnológico, contudo, ressaltamos a importância do uso de híbridos com tecnologias mais avançadas.

O rendimento de uma lavoura aumenta com a elevação da densidade de plantio até atingir uma densidade ótima, que é determinada pelo híbrido e por condições externas

resultantes de condições climáticas do local e do manejo da lavoura. A densidade ótima é, portanto, variável para cada situação e, basicamente, depende de três condições: cultivar, disponibilidade hídrica e do nível de fertilidade de solo. Qualquer alteração nesses fatores, direta ou indiretamente, afetará a densidade ótima de plantio (EMBRAPA, 2006).

O rendimento da produção é o resultado da capacidade de assimilação da planta, do período disponível para a assimilação e das influências favoráveis e prejudiciais dos fatores ambientais, como: CO<sub>2</sub>, luz, temperatura, aparato foliar, nutrientes, status hídrico, pragas e doenças, etc.

Visando aumentos de produtividade de grãos de milho, a questão de população final em relação à população inicial de plantas é de fundamental importância. Cultivares modernas de milho estão sendo melhoradas para respostas positivas a aumentos de densidades (TOKATLIDIS & KOUTROBAS, 2004; SANGOI et al., 2007).

A produtividade de grãos de milho é determinada pela densidade de plantas, prolificidade ou número de espigas por planta, número médio de fileiras de grãos por espiga, número médio de grãos por fileira e massa média do grão. A densidade de plantas deve ser estabelecida de acordo com as características morfofisiológicas dos genótipos, época de semeadura e nível de manejo adotado na lavoura. Os componentes de rendimento de grãos de milho são definidos durante o desenvolvimento da planta (HANWAY, 1966; NEL & SMITH, 1978).

O grau de redução da produtividade de grãos em função da deficiência hídrica depende da intensidade do estresse, da sua duração e do estágio em que ele ocorre. No presente trabalho, a redução da produtividade de grãos em função da deficiência hídrica no primeiro ano foi menor em comparação à observada em outros trabalhos, uma vez que, no período mais crítico, o milho foi irrigado. A ocorrência de estresse hídrico no período mais crítico da cultura pode reduzir a produtividade de 50 a 90%, conforme (PANDEY et al., 2000) e (ÇAKIR, 2004).

De acordo com Bergamaschi et al. (2004), podemos observar essas reduções de produtividade nas condições de sequeiro, onde os híbridos foram altamente prejudicados pelo estresse hídrico durante o ciclo da cultura, principalmente no período crítico, ou seja, prefloração ao início de enchimento de grãos.

Assim, podemos afirmar que a irrigação pode proporcionar maior estabilidade e ampla faixa de cultivo para a cultura, melhorando os resultados de componentes de produtividade. Isto ocorre em função das melhores condições de suprimento de fotoassimilados para o

desenvolvimento de grãos (MATZENAUER et al., 2002). Na (Figura 9) podemos observar o pleno desenvolvimento de uma espiga de milho em condições irrigadas.

**Figura 9: Estágio R6, maturidade fisiológica.**



Fonte: O autor, 2021.

Segundo Andrade et al. (1999), durante o período de enchimento de grãos, é importante que as plantas não sofram estresse, principalmente falta de água ou baixa insolação. Isso porque o processo pelo qual a matéria seca acumulada durante o período vegetativo é redistribuída em grãos depende desses fatores.

Nesse sentido, adversidades durante o enchimento de grãos levam a grãos leves e quebra de grãos, reduzindo a produtividade da cultura (SANGOL et al., 2010; NIELSEN, 2019). De acordo com Ribeiro et al. (2020), a massa ideal de 1.000 grãos é de 385 gramas para explorar o máximo potencial de produtividade das variedades de milho.

### 3 CONCLUSÃO

A variação das condições hídricas para a cultura do milho exerce influência sobre os componentes de rendimento e produtividade em híbridos de milho. Há variabilidade produtiva em híbridos de milho manejados em diferentes condições hídricas.

O híbrido AG 9025 PRO3 se mostrou o mais produtivo nas diferentes condições hídricas. Além disso, o híbrido DKB 240 PRO3, seguido dos híbridos AG 8780 PRO3 e KWS 7330 VIP3, tiveram produtividades menores, respectivamente.

A irrigação se mostrou muito importante, sendo observadas produtividades elevadas em condições irrigadas, quando comparadas as condições de sequeiro. Este fato evidencia a viabilidade do investimento em sistemas de irrigação, uma vez que a demanda hídrica da cultura do milho é elevada.

O manejo adequado da disponibilidade hídrica para a cultura do milho é extremamente importante para conhecer os períodos de déficit hídrico e, minimizar os danos dos períodos em que a planta sofre estresse hídrico, os quais causam grandes perdas de produtividade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AITA, R. H. **Sistema de Irrigação Localizada e Automatizada**. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul Faculdade de Engenharia – FENG. Porto Alegre, 2017.
- ALEMAN, C. C. **Manejo de irrigação em diferentes fases de desenvolvimento da *Calendula officinalis* L.** 2015. 71f. Tese (Engenharia de Sistemas Agrícolas) – Universidade de São Paulo – Escola superior de agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2015.
- AMORIN, E. P.; SOUZA, J. C. **Híbridos de milho inter e intrapopulacionais obtidos a partir de populações S0 de híbridos simples comerciais**. *Bragantia*, v. 64. n. 4, Campinas, 2005.
- AMUDHA, J.; BALASUBRAMANI. Washington, v, G. **Biotechnology and Molecular Biology Reviews, recent molecular advancement to combat abiotic stress tolerance in crop plants**. 6, n. 2, p. 31-58, 2011.
- ANDRADE, F. H. et al. **Kernel number determination in maize**. *Crop Sci-*
- APROSOJA – Associação Brasileira dos Produtores de Soja. **A história do Milho**. APROSOJA. 2021. Disponível em: <<http://www.aprosoja.com.br/soja-e-milho/a-historia-do-milho>>.
- ARAUS, José Luis; SERRET, María Dolores; EDMEADES, Greg. **Phenotyping maize for adaptation to drought**. *Frontiers in physiology*, v. 3, p. 305, 2012.
- BARROS, J. F. C.; CALADO, J. G. **A Cultura do Milho**. Évora: Universidade de Évora, Escola de ciências e tecnologia, Departamento de Fitotecnia, 2014. 52 p.
- BERGAMASCHI, H. Desenvolvimento de déficit hídrico em culturas. In: BERGAMASCHI, H. (Coord.). *Agrometeorologia aplicada à irrigação*. Porto Alegre: UFRGS, 1992. p. 25-32.
- BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; COMIRAN, F.; BERGONCI, J. I.; MÜLLER, A. G.; FRANÇA, S.; SANTOS, A. O.; RADIN, B.; BIANCHI, C. A. M. E.; PEREIRA, P. G. **Deficit hídrico e produtividade na cultura do milho**. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 41, n. 2, p. 243-249, fev. 2006.
- BERNARDO, S.; MANTOVANI, E. C.; SILVA, D. D.; SOARES, A. A. **Manual de irrigação**. 9. ed. atual. e aum. Viçosa: Editora UFV, 2019. 545 p.
- ÇAKIR, R. **Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn**. *Field Crops Research*, v.89, p.1-16, 2004.
- CARVALHO IR et al. **Desempenho agrônomico de híbridos de milho em ambiente irrigado e sequeiro**. *Enciclopédia Biosfera* 10: 1144-1153, 2014.
- CARVALHO, I. R.; KORCELSKI, C.; PELISSARI, G.; HANUS, A. D.; ROSA, G. M. Demanda hídrica das culturas de interesse agrônomico. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 9, n. 17, p. 969-985, 2013.

CHAUDHRY, A. M. Improving on-farm water use efficiency: Role of collective action in irrigation management. **Water Resources and Economics**, jun. 2017.

DOURADO-NETO D et al. **Efeito da população de plantas e do espaçamento sobre a produtividade de milho**. Revista Brasileira de Milho e Sorgo 2: 63-77, 2003.

EMBRAPA. **Métodos de irrigação, 2017**. Disponível em: <[https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01\\_72\\_16820051120.html](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01_72_16820051120.html)>. Acesso em: 15 de maio 2023.

EMBRAPA. **Sistemas de Cultivo**. Ageitec – Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Disponível em: [https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/feijao-caupi/arvore/CONTAG01\\_17\\_510200683536.html](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/feijao-caupi/arvore/CONTAG01_17_510200683536.html). Acesso em: 26 de abril 2023.

FALQUETE J.C.F.; PINHO R.G.V.; MENDES M.C.; BRITO A.H.; FRANCISCHINI, V.M. **Avaliação de cultivares de milho de ciclo precoce na safra 2007/2008**, em Lavras – MG. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 27, Anais. Londrina, 2008.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360p

FAO. **The state of the world's land and water resources for food and agriculture (SOLAW): managing systems at risk**. Rome: FAO; London: Earthscan, 2011. 285 p. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/017/i1688e/i1688e.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2021.

FARRÉ, I.; FACI, J. M. **Comparative response of maize (Zeamays L.) and sorghum (Sorghum bicolor L. Moench) to deficit irrigation in a Mediterranean environment**. Agricultural water management, Australia, v. 83 n. 1, p. 135 – 143, 2006.

FELISBERTO, P. A. C. et al. **Subdoses de glyphosate não reduzem a produtividade da cultura do milho**. Revista Brasileira de Herbicidas, [s.l.], v. 15, n. 3, p.290-301, 10 set. 2016. Revista Brasileira de Herbicidas. <http://dx.doi.org/10.7824/rbh.v15i3.482>.

FENNER, W.; DALLACORT, R.; MOREIRA, P. S. P.; QUEIROZ, T. M.; FERREIRA, F. S.; BENTO, T. S.; CARVALHO, M. A. C. **Índices de satisfação de necessidade de água para o milho segunda safra em Mato Grosso**. Revista Brasileira de Climatologia, Curitiba, v. 15, n. 2, p. 109-121, 2015.

FLUMIGNAN, D. L.; ALMEIDA, A.C S.; GARCIA, R. A. **Necessidade de irrigação complementar da soja na região sul de Mato Grosso do Sul**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2015.

FONSECA.F.C; DUARTE .L. B. **Hidrologia**. Capítulo 5. INFILTRAÇÃO, Agosto, 2006.

FORNASIERI FILHO D: **Manual da cultura do milho**. Jaboticabal: Funep, 2007. 574 p.

FORNASIERI FILHO, D. **Manual da cultura do milho**. 1. ed. Jaboticabal: Funep, 2007. 273 p.

FRITSCHÉ-NETO R., MÔRO, G.V. **Escolha do cultivar é determinante e deve considerar toda informação** disponível. Visão Agrícola: Milho. Brasil amplia cultivo para atender demanda crescente, Piracicaba/SP, n. 13, p. 176, 2015.

INMET – **Instituto Nacional de Meteorologia. Normais climatológicas.** Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/normais>> Acesso em: 23/4/2023.

JUNIOR, A. S. de A.; ROMERO, A. M.; DOMINGUES, A. F.; CHRISTOFIDIS, D.; TARJUELO, J. M.; RODRIGUES, L. N.; BASSOI, L. H.; SMITH, P.; RESENDE, R. S.; GONDIM, R. S. **Agricultura Irrigada: desafios e oportunidades para o desenvolvimento sustentável.** Instituto de Pesquisa e Inovação na Agricultura Irrigada Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Cerrados Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Brasília, 2017.

KUMAR V et al. **Correlation, path and genetic diversity analysis in maize (Zea mays L.).** Environment & Ecology 33: 971–975, 2015.

KUNZ, J.H.; BERGONCI, J.I.; BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G.A.; HECKLER, B.M.M.; COMIRAM, F. **Uso da radiação solar pelo milho sob diferentes preparos do solo, espaçamento e disponibilidade hídrica.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, vol. 42, n. 11, Brasília, DF, 2007. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-204X2007001100001](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2007001100001). Acesso em 03/03/2023.

LOPES SJ et al. **Relações de causa e efeito em espigas de milho relacionadas aos tipos de híbridos.** Ciência Rural 37: 1536-1542, 2007.

LOPES, S. J. et al. **Relações de causa e efeito em espigas de milho relacionadas aos tipos de híbridos.** Ciência Rural, v. 37, p. 1536-1542, 2007.

MAGALHÃES, P. C. et. al. **Fisiologia do Milho.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2002. 23 p.

MATZENAUER, R.; BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M.A.; MALUF, J.R.T.; BARNI, N.A.; BUENO, A.C.; DIDONE, I.A.; ANJOS, C.S.; MACHADO, F.A.; SAMPAIO, M.R. **Consumo de água e disponibilidade hídrica para milho e soja, no Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: Fepagro, 2002. 105p. (BOLETIM Fepagro, 10).

MENDES, R. S. **Determinação da evapotranspiração por métodos direto e indireto e dos coeficientes de cultura para a soja no Distrito Federal.** Mestrado em Ciências Agrárias – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília 2006. 58pg.

MENDONÇA, J.C.; SOUZA, E.F.; BERNARDO, S.; DIAS, G.P.; GRIPPA, S. **Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), na região Norte Fluminense, RJ.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.7, n.2, p.275-279, 2003.

MENEZES, C. B.; RIBEIRO, A. S.; TARDINI, F. D.; CARVALHO, A. J.; BASTOS, E. A.; CARDOSO, M. J.; PORTUGAL, A. F.; SILVA, K. J.; SANTOS, V. C.; ALMEIDA, F. H. L. **Adaptabilidade e estabilidade de linhagens de sorgo em ambientes com e sem restrição hídrica.** Revista Brasileira de Milho e Sorgo, Sete Lagoas, v. 14, n. 1, p. 101-115, 2015.

MINUZZI, R. B.; RIBEIRO, A. J. Requerimento de água para irrigação da cultura do milho em Santa Catarina durante eventos La Niña. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.12, p.1330-1337, 2012.

MONTEIRO, J. E. (org.). **Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola**. Brasília, DF: INMET, 2009. 530 p.

MOREIRA, J.A.A. **Manejo de irrigação para cultura de milho no sistema plantio direto: coeficiente de cultura**. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 28.; SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A LAGARTA DO CARTUCHO, 4., 2010, Goiânia. ... Goiânia: ABMS, 2010. CD ROOM.

MOROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. de C.; SILVA, H.R. **Irrigação e fertilização em fruteiras e hortaliças**. Embrapa Informação Tecnológicas. Brasília, 2011.

MOSER, S.B.; FEIL, B.; JAMPATONG, S.; STAMP, P. Effects of pre-anthesis drought, nitrogen fertilizer rate, and variety on grain yield, yield components, and harvest index of tropical maize. **Agricultural Water Management**, v.81, p.41-58, 2006.

NASCIMENTO, R. **Crescimento de plantas de sorgo sob diferentes disponibilidades de água no solo**. Revista Educação Agrícola Superior, v. 23, n. 1, p. 53-59, 2008.

NATARAJ V et al. **Correlation and path analysis in certain inbred genotypes of maize (Zea Mays L.) at Varanasi**. International Journal of Innovative Research and Development 3: 14-17, 2014.

NEUMANN, M.; POCZYNEK, M.; LEÃO, G. F. M.; FIGUEIRA, D. N.; SOUZA, A. M. **Desempenho de híbridos de milho para silage cultivados em diferentes locais com três densidades populacionais**. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.17, n.1, p. 49-62, 2018.

ODUM, E.P.; BARRETT, G.W. **Fundamentos de Ecologia**. 5.ed. Thomson Learning. 612p.São Paulo, 2007.

OLIVEIRA, R. A; RAMOS, M. M. **Irrigação em pequenas e médias propriedades**. Viçosa: CPT, 2007;

PANDEY, R.K.; MARANVILLE, J.W.; ADMOU, A. **Deficit irrigation and nitrogen effects on maize in a Sahelian environment I**. Grain yield and yield components. **Agricultural Water Management**, v.46, p.1-13, 2000.

PAREDES, P.; RODRIGUES, G. C.; ALVES, I.; PEREIRA, L. S. **Partitioning evapotranspiration, yield prediction and economic returns of maize under various irrigation management strategies**. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 135, p. 27-39, 2014.

PENARIOL FG et al. **Comportamento de cultivares de milho semeadas em diferentes espaçamentos entre linhas e densidades populacionais, na safrinha**. Revista Brasileira de Milho e Sorgo 2: 52-60, 2003.

RIBEIRO, B. S. M. R. et al. **Ecofisiologia do milho visando altas produtividades**. Santa Maria, RS: Palloti/SM, 230 p. 2020.



RIBEIRO, E. G.; FONTES, C. A. A.; PALIERAQUI, J. G. B.; MARTINS, C. E.; CÓSER, A. C.; SANT'ANA, N. F. Influência da irrigação, nas épocas seca e chuvosa, na produção e composição química dos capins napier e mombaça em sistema de lotação intermitente. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 8, p. 1432-1442, 2009.

SANGOI L et al. **Perfilhamento, área foliar e produtividade do milho sob diferentes arranjos espaciais**. Pesquisa Agropecuária Brasileira 46: 609-616, 2011.

SANGOI, L. et al. **Ecofisiologia da cultura do milho para altos rendimentos**. Lages: Graphel, 2010. 87 p.

SANGOI, L. et al. **Ecofisiologia da cultura do milho para altos rendimentos**. Lages, SC: Graphel, 2010. 52 p.

SANGOI, L.; ALMEIDA, M.L.; GRACIETTI, M.A.; BIANCHET, P. **Sustentabilidade do colmo em híbridos de milho de diferentes épocas de cultivo em função da densidade de plantas**. Revista de Ciências Agroveterinárias, v.1, p.60-66, 2002.

SANGOI, L.; ZANIN, C. G.; SCHIMITT, A.; VIEIRA, J. **Senescência foliar e resposta de híbridos de milho liberados comercialmente para cultivo em diferentes épocas ao adensamento**. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.12, n.1, p. 21-23, 2013.

SHOCK, C. C.; WANG, F.X. **Soilwatertension, a powerfulmeasurement for productivityandstewardship**.Hortscience, Alexandria, v. 46, n.2, p.178-185, 2011.

SILVA, A. G.; FRANCISCHINI, R.; MARTINS, P. D. S. **Desempenhos agrônômico e econômico de cultivares de milho na safrinha**. Revista Agrarian, v. 8, p. 1-11, 2015.

SILVA, G. J. et al. **Produção de haploides androgenéticos em milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2009.

SOARES, F. C.; PEITER, M. X; ROBAINA, A. D; VIVAN, G. A.; PARIZI, A. R. C. **Resposta da cultura do milho a variabilidade hídrica em solos sob pivô central**. Irriga, Botucatu, v.17, n. 2, p. 220-233, 2012.

SOUZA, T. C. de; CASTRO, E. M. de; MAGALHÃES, P. C.; ALVES, E. T.; PEREIRA, F. J. **Earlycharacterizationofmaizeplants in selectioncyclesundersoilflooding**.PlantBreeding, Berlin, v. 131, p. 493-501, 2012.

WAGNER, M. V.; SIDNEI, O.; JADOSKI, S. O.; MAGGI, M. F.; SAITO, L. R.; LIMA, A. dos S. Estimativa da produtividade do milho em função da disponibilidade hídrica em Guarapuava, PR, Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 2, p. 170-179, 2013.