

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA**

**ALESSANDRA MACHADO FERREIRA**

**ANÁLISE DO DESENVOLVIMENTO E PRODUTIVIDADE ECONÔMICA DO  
ARROZ IRRIGADO POR PIVÔ CENTRAL**

**Alegrete**

**2022**

**ALESSANDRA MACHADO FERREIRA**

**ANÁLISE DO DESENVOLVIMENTO E PRODUTIVIDADE ECONÔMICA DO  
ARROZ IRRIGADO POR PIVÔ CENTRAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Agrícola.

Orientador: Prof<sup>a</sup>. Dra. Fátima Cibele Soares

Coorientador: Prof<sup>a</sup>. Dra. Ana Rita Costenaro Parizi

**Alegrete  
2022**

**ALESSANDRA MACHADO FERREIRA**

**ANÁLISE DO DESENVOLVIMENTO E PRODUTIVIDADE ECONÔMICA DO  
ARROZ IRRIGADO POR PIVÔ CENTRAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Agrícola.

Banca examinadora:

---

Prof<sup>ª</sup>. (Dra). (Fátima Cibele Soares)  
Orientador  
(Universidade Federal do Pampa - Unipampa)

---

Prof<sup>ª</sup>. (Dra). (Ana Rita Costenaro Parizi)  
Coorientador  
(Instituto Federal Farroupilha – IFFar)

---

Prof<sup>ª</sup>. (Dra). (Chaiane Guerra da Conceição)  
(Universidade Federal do Pampa - Unipampa)



---

Assinado eletronicamente por **FATIMA CIBELE SOARES, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 16/08/2022, às 09:14, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



---

Assinado eletronicamente por **Ana Rita Costenaro Parizi, Usuário Externo**, em 16/08/2022, às 20:55, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



---

Assinado eletronicamente por **CHAIANE GUERRA DA CONCEICAO, PROFESSOR DO MAGISTERIOSUPERIOR**, em 18/08/2022, às 11:24, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



---

A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.uni-pampa.edu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_or\\_gao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.uni-pampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_or_gao_acesso_externo=0), informando o código verificador **0897288** e o código CRC **F435E603**.

---

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pois nele sempre mantive a fé, força e a persistência para seguir sempre em frente em busca de meus sonhos.

À minha querida orientadora e Professora Fátima Cibele Soares, pela atenção, orientação, conhecimento, pela paciência, compreensão, incentivo em seguir em frente e pelo carinho. Fica meu respeito, carinho e grande admiração!

À Professora Ana Rita Costenaro Parizi, por todo incentivo, confiança, paciência, dedicação e carinho, que me concedeu, durante os longos anos da minha caminhada acadêmica. Fica meu respeito, carinho e minha eterna admiração!

À Professora Chaiane Guerra da Conceição, pelo incentivo, dedicação e carinho, que me ensinou a conduzir experimentos à campo, foi de grande importância para minha formação acadêmica, e principalmente agradeço por esta grande amizade que temos. Possuo enorme carinho e admiração!

À Estação Experimental do Instituto Rio Grandense do Arroz – Uruguaiana, pela disponibilidade do espaço, e suporte para a condução do trabalho à campo. Especialmente, ao engenheiro agrônomo e Coordenador Regional da Fronteira Oeste Cleiton José Ramão, pela dedicação, paciência, responsabilidade, e ensinamentos a mim passados, meu respeito e admiração.

Ao Grupo de Pesquisa Engenharia de Irrigação, e meus amigos do coração, Marcelo Chuquel, Eliza Micaela Segabinazzi, Maria Eduarda Hitz, Victor Ponte, Sheilise Vicente, por todo suporte, auxílio durante os experimentos de campo, e principalmente, por sempre acreditarem em mim. Vocês foram essenciais nesta realização, minha eterna amizade e gratidão!

Ao Instituto Federal Farroupilha- Campus Alegrete, pela disponibilidade do espaço para as análises laboratoriais, em especial, ao técnico Élton Medeiros, pelo comprometimento, dedicação e aprendizados. À minha colega e amiga Aline Mazoy, pelo companheirismo, amizade e pelo auxílio durante as análises em laboratório.

À minha família, aos meus amados pais Pedro Itamar e Simone pela vida, educação, carinho, incentivo, amor, e que juntamente aos meus sogros José e Elizete, foram minha base, que me deram todo suporte necessário, para realização desta caminhada. Amo vocês.

Ao meu namorado Leonardo Vargas, com quem divido a vida e os sonhos, agradeço a toda paciência, carinho, incentivo, que mesmo longe sempre esteve presente, foi o alicerce em toda a minha jornada, e que mesmo nos momentos mais difíceis, sempre me apoiou e esteve comigo para seguir em frente, minha eterna gratidão. Te amo!

Ainda que tivesse o dom de profecia, e conhecesse todos os mistérios e toda a ciência, mesmo que tivesse toda a fé, a ponto de mover montanhas, e não tivesse amor, nada seria.

(Coríntios 13)

## RESUMO

O meio agrícola cresce constantemente, a procura de novas tecnologias viabilizando o acréscimo produtivo das culturas, em conjunto com o crescimento populacional e consumo de alimentos. O arroz é uma das principais fontes nutricionais para a alimentação humana. Na lavoura rizícola o método de irrigação por superfície é o mais utilizado, entretanto, possui uma capacidade de crescimento maior na irrigação através da irrigação por aspersão do tipo pivô central. Além disso, a redução do custo de produção é um fator de extrema relevância para o produtor. Desta forma, o objetivo deste trabalho, foi avaliar a resposta do arroz submetido a irrigação por pivô central, visando maior produtividade da água e retorno econômico. Para atender o objetivo deste trabalho, o experimento foi conduzido à campo, no ano agrícola 2020/21. A cultura foi implantada no mês de outubro/2020 em área experimental cedida pelo IRGA –Uruguiana - RS sob sistema de plantio direto e delineamento experimental inteiramente casualizado, dividido em três tratamentos de irrigação com diferentes tensões no solo, contendo vinte repetições cada, divididos em T1- manutenção do solo saturado, T2- 15 kPa, irrigação 20 kPa, durante a fase vegetativa (E a R1), e de 15 kPa, durante a fase reprodutiva (R1 a R9); e T3- inundação contínua (testemunha). Durante o ciclo da cultura foram determinados os seguintes parâmetros de crescimento: índice de área foliar, altura de plantas, número de perfilhos, número de panícula, comprimento da panícula, e ao final do ciclo os componentes de rendimento e produção de grãos. Para as estratégias de irrigação determinou-se a produtividade da água (WP). A maior produtividade da água foi obtida pelo tratamento inundação contínua, pelo fato da cultivar IRGA 424 RI obtém boas produtividades em solo inundado, com isso, para obter altos valores de produtividade da água, a cultivar não pode estar com a umidade do solo abaixo da saturação. O aumento da tensão de água no solo na Fronteira Oeste, afeta diretamente o desenvolvimento e a produção da cultura, acarretando em perdas na produção.

Palavras-Chave: Eficiência econômica; Produtividade da Água; Desempenho agrônômico.

## ABSTRACT

The agricultural environment is constantly growing, searching new technologies enabling the production increase of crops, in conjunction with population growth and food consumption. Rice is one of the main nutritional sources for human food. In rice farming the surface irrigation method is the most used, however, it has a higher growth capacity in irrigation through central pivot sprinkler irrigation. Besides, the reduction of production cost is an extremely relevant factor for the producer. Thus, the objective of this work was to evaluate the response of rice under central pivot irrigation, aiming for greater water productivity and economic return. To meet the objective of this work, the experiment was conducted in the field in the 2020/21 crop year. The crop was planted in October/2020 in an experimental area granted by IRGA - Uruguaiana - RS, under a no-tillage system and a completely randomized experimental design, divided into three irrigation treatments with different soil tensions, with twenty repetitions each, divided into T1 - keeping the soil saturated, T2 - 15 kPa, 20 kPa irrigation during the vegetative phase (E to R1), and 15 kPa during the reproductive phase (R1 to R9); and T3- continuous flooding (witness). During the crop cycle the following growth parameters were determined: leaf area index, plant height, number of tillers, number of panicles, panicle length, and at the end of the cycle the yield components and grain production. Water productivity (WP) was determined for the irrigation strategies. The highest water productivity was obtained by the continuous flooding treatment, due to the fact that the IRGA 424 RI cultivar obtains good yields in flooded soil, thus, to obtain high values of water productivity, the cultivar cannot have soil humidity below saturation. The increase in soil water tension in the Western Frontier directly affects the development and production of the crop, leading to losses in production.

Economic efficiency; Water productivity; Agronomic performance.

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1 - Localização geográfica do Rio Grande do Sul no país, em destaques as regiões produtoras de arroz irrigado no estado. Fronteira Oeste (1), Campanha (2), Região Central (3), Planície Costeira Interna (4), Planície Costeira Externa (5) e Sul (6). ..... | 17 |
| Figura 2 - Imagem via satélite da área experimental, Uruguaiana, RS. ....  | 25 |
| Figura 3 - Croqui da área experimental do IRGA Uruguaiana, com os diferentes tratamentos...  | 26 |
| Figura 4 - Resposta da estatura de plantas em função da lâmina aplicada .....  | 34 |
| Figura 5 - Diâmetro do colmo em função das lâminas aplicadas. ....   | 35 |
| Figura 6 - Variação temporal do índice de área foliar. ....  | 37 |
| Figura 7 - Comportamento da matéria seca total de arroz sob diferentes manejos de água. ....   | 39 |
| Figura 8 - Comportamento da produção de grãos de arroz sob diferentes manejos de água. ..  | 40 |

## LISTA DE TABELAS

|   |    |
|---|----|
| Tabela 1 - Características químicas do solo da Estação Experimental IRGA, Uruguaiana, RS.<br>.....                      | 33 |
| Tabela 2 - Lâminas de irrigação para os distintos tratamentos.....  | 34 |
| Tabela 3 - Análise de variância para a produção de matéria seca total $\text{kg ha}^{-1}$ da cultura do arroz.<br>..... | 39 |
| Tabela 4 - Análise de variância para a produtividade de grãos total $\text{kg ha}^{-1}$ da cultura do arroz.<br>.....   | 40 |
| Tabela 5 - Análise de variância para a produtividade água $\text{kg m}^{-3}$ da cultura do arroz.....                   | 42 |
| Tabela 6 - - Receita total na implantação de arroz em diferentes manejos de água. ....                                  | 44 |

## SUMÁRIO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO .....</b>   | <b>13</b> |
| 1.1 Objetivo Geral .....  | 14        |
| 1.1.1 Objetivos específicos .....                                   | 14        |
| <b>2 REVISÃO DE LITERATURA .....</b>                                | <b>15</b> |
| 2.1 A cultura do Arroz .....  | 15        |
| 2.2 A irrigação e o manejo de irrigação na cultura do Arroz .....   | 17        |
| 2.3 Irrigação por aspersão.....                                     | 20        |
| 2.3.1 Irrigação por Pivô Central .....                              | 21        |
| 2.4 Produtividade da Água .....                                     | 22        |
| 2.5 Rendimento econômico na produção de grãos .....                 | 23        |
| <b>3 METODOLOGIA.....</b>   | <b>25</b> |
| 3.1 Caracterização do local do experimento.....                     | 25        |
| 3.2 Análises de Solo .....  | 26        |
| 3.3 Delineamento Experimental .....                                 | 26        |
| 3.4 Semeadura e Adubação.....                                       | 27        |
| 3.5 Manejo da Irrigação.....  | 27        |
| 3.6 Parâmetros de crescimento, desenvolvimento e produtividade..... | 28        |
| 3.6.1 Índice de área foliar .....                                   | 28        |
| 3.6.2 Altura de plantas e diâmetro do caule.....                    | 29        |
| 3.6.3 Número de perfilhos .....                                     | 29        |
| 3.6.4 Número de panículas .....                                     | 29        |
| 3.6.5 Matéria Seca Total .....                                      | 29        |
| 3.6.6 Produção de grãos.....  | 30        |
| 3.7 Índice de Colheita.....   | 30        |
| 3.8 Produtividade da Água .....                                     | 31        |
| 3.9 Rendimento econômico na produção de grãos .....                 | 31        |
| 3.10 Análise Estatística.....                                       | 32        |
| <b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>                               | <b>33</b> |
| 4.1 Análises de solo .....  | 33        |
| 4.2 Irrigação.....  | 33        |
| 4.3 Parâmetros de crescimento, desenvolvimento e produtividade..... | 34        |

|   |           |
|---|-----------|
| 4.3.1 Altura de planta.....                         | 34        |
| 4.3.2 Diâmetro do colmo .....                       | 35        |
| 4.3.3 Número de perfilhos .....                     | 36        |
| 4.3.4 Índice de área foliar .....                   | 37        |
| 4.3.4 Número de panículas .....                     | 38        |
| 4.3.5 Matéria Seca Total .....                      | 38        |
| 4.3.6 Produtividade de grãos .....                  | 40        |
| 4.5 Índice de Colheita.....                         | 42        |
| 4.6 Produtividade da Água .....                     | 42        |
| 4.7 Rendimento econômico na produção de grãos ..... | 44        |
| <b>5 CONCLUSÃO.....</b>                             | <b>46</b> |
| <b>6 REFERÊNCIAS .....</b>                          | <b>47</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

O meio agrícola cresce constantemente, sempre à procura de novas tecnologias viabilizando a melhoria e o acréscimo das culturas, corroborando com o crescimento populacional e o consumo de alimentos.

O arroz é um dos principais cereais cultivados no mundo, rico em proteína e energia, sendo ele importante na alimentação mundial, consumido diariamente, tanto em países desenvolvidos e subdesenvolvidos.

No Brasil, o arroz possui sua maior produção na região Sul do país, nos Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, oriundo de áreas irrigadas por inundação, majoritariamente no Rio Grande do Sul, onde há a maior produção da cultura no país. A irrigação por inundação, é um método que detém de alta demanda hídrica e, consecutivamente respondendo a baixa eficiência no uso da água. No decorrer dos anos, a preocupação com a eficiência no uso da água, na agricultura tornou-se uma realidade mundial e com isso a lavoura orizícola requer bastante atenção.

Quando se utiliza a irrigação, é recomendável retratar a importância, de uma adequada gestão dos recursos hídricos disponíveis, conhecer a disponibilidade e demanda hídrica de cada região. No instante em que, se usa esta prática, uma medida fundamental é o manejo de água. Criar um planejamento de turno de rega adequado, agregado com a tomada de decisão da quantidade e momento das irrigações. O correto manejo do uso da água é um fator indispensável, que intervém diretamente no aproveitamento da água pelo solo e suprimento hídrico, para a planta, acarretando a produção final.

Com a preocupação em viabilizar a utilização dos recursos hídricos, a lavoura orizícola torna-se prioridade, uma vez em que, o sistema por inundação utiliza grandes volumes de água durante seu ciclo. Um método de administrar o consumo da água no cultivo do arroz irrigado, consiste na migração do método convencional de inundação, para o método de irrigação por aspersão. Neste sistema, a cultura do arroz passa durante todo o ciclo em ambiente aerado, ou seja, sem a necessidade da formação de altura de lâmina d'água, ainda que, o solo deva ser mantido saturado durante todo o cultivo, no que aumenta a eficiência da irrigação.

O aumento da eficiência do uso da água, demonstra uma vantagem significativa para a utilização do sistema, sendo capaz de quase triplicar a área irrigada, podendo colocar arroz-soja- milho na mesma área, permitindo que utilize a mesma quantidade de água que utilizaria apenas para a inundação no arroz, sendo capaz de manejar culturas diferentes. A produtividade da água neste parâmetro se mostra significativa e este método torna-se viável economicamente.

Assim, esta concepção de utilização racional dos recursos hídricos, compreende também, a importância sobre o uso da água na agricultura. A quantidade necessária de água que será adicionada ao desenvolvimento e crescimento da planta é de grande relevância, uma vez que esse recurso é renovável, porém limitado, por isto a sua utilização deve ser sempre consciente.

## **1.1 Objetivo Geral**

Avaliar a resposta do arroz submetido a irrigação pelo método do tipo aspersão visando maior produtividade da água e retorno econômico da cultura.

### 1.1.1 Objetivos específicos

- Avaliar a resposta da cultura do arroz irrigado por pivô central e submetido a diferentes potenciais de água no solo;
- Obter a produtividade da água;
- Definir a lâmina de água que apresenta melhor retorno econômico ao produtor irrigante;
- Validar a eficiência da irrigação por pivô central na produção da lavoura orizícola;
- Analisar a rentabilidade econômica na produção de grãos;
- Obter o valor de potencial matricial de água no solo necessário para definir o momento de irrigar na condição de solo e clima em que o experimento será efetuado.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

A partir da revisão da literatura, exibida a seguir, será possível obter informações fundamentais sobre a cultura do arroz, sendo levados em consideração os aspectos gerais da cultura, os fatores climatológicos que mais prejudicam seu desenvolvimento e produção, a importância da irrigação em períodos que ocorrem escassez hídrica e sua utilização e no que isto se acarreta na produtividade e qualidade da cultura. Da mesma forma, a importância da adoção de um manejo de irrigação adequado na tomada de decisões do momento das irrigações, visando a maior eficiência do uso da água e assim, assegurando maior lucro final.

### 2.1 A cultura do Arroz

O arroz (*Oryza sativa* L.) é uma monocotiledônea pertencente à família Poaceae e gênero *Oryza*, (VASCONCELLOS, 1963), é uma planta megatérmica, com adequação para ambientes alagados, sendo uma cultura anual de porte ereto, com alturas variando de 60 a 150 cm, pertencente a subfamília Oryzoideae (BOLDRINI et al. 2005).

O arroz é uma planta de origem, asiática, havendo relatos de produção na China, há cerca de 5000 anos. Expandiu-se para o resto do mundo através da Índia e no século XVI foi trazido para o Brasil, por portugueses (GALLI, 1978).

Este cereal foi introduzido no Brasil pela frota de Pedro Álvares Cabral, no entanto o seu cultivo em território brasileiro só foi mencionado após o ano de 1530, na capitania de São Vicente, espalhou-se mais tarde por outras regiões do litoral, sempre em pequenas lavouras de subsistência, principalmente na região Nordeste. No ano de 1904, no município de Pelotas- RS deu-se início a primeira lavoura empresarial irrigada, mais tarde a cultura chegou a Cachoeira do Sul, e em 1912 obteve enorme impulso graças aos locomóveis, estes eram movidos a vapor e podiam acionar bombas de irrigação, no que facilitava a inundação das lavouras de arroz. (PEREIRA, 2002).

A cultura do arroz está presente nos cinco continentes do mundo. No Brasil a maior produção concentra-se na região Sul nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, sendo uma cultura de verão (MENEZES et al. 2012).

O cultivo deste cereal possui grande importância socioeconômica, visto que é um dos alimentos mais importantes para a alimentação humana, compondo a base alimentar de mais de 3 bilhões de pessoas ao redor do mundo. Atualmente é o segundo cereal mais cultivado mundialmente, em uma área de 168 milhões de hectares e com uma produção de cerca de 755

milhões de toneladas (FAOSTAT, 2021). No ano de 2019 o arroz obteve produção mundial de 494,128 milhões de toneladas, o que corresponde em média 22% da produção de grãos no cenário mundial (USDA, 2019). O Brasil integra esta margem com 7,14 milhões de toneladas (1,47% da produção mundial) e ocupa a 11ª posição no ranking mundial (CONAB, 2020). Para a safra 2021/22 foi estimada a produção de grãos de arroz em 510,31 milhões de toneladas e 507,74 milhões de toneladas para a safra anterior (USDA, 2022).

Na safra de 2021/22 a produção do arroz no Brasil é estimada em 288,61 milhões de toneladas e no ano agrícola 2020/21 foi fechada em 253,2 milhões de toneladas, onde correspondeu a segunda maior da série histórica no país, ficou apenas atrás da safra anterior que correspondeu a produção de 254,1 milhões de toneladas (ESTADÃO, 2022).

De acordo com (SOSBAI, 2018) O Rio Grande do Sul se destaca como o maior produtor nacional de arroz, sendo responsável por 70% do total produzido no Brasil, seguido por Santa Catarina, com produção de aproximadamente 10%. Esse grande volume é considerado estabilizador para o mercado brasileiro e garante o suprimento desse cereal à população brasileira. Estima-se que o arroz apresenta, atualmente, um valor bruto de produção de R\$ 7,4 bilhões, o que representa 3% do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) e 1,58% do Produto Interno Bruto (PIB) do Estado.

A área cultivada com arroz no estado do Rio Grande do Sul aumentou até a safra 2004/05, estabilizando-se em torno de um milhão de hectares. No ano agrícola 2017/ 2018 a área cultivada com arroz foi de 1.942.921 hectares e foram colhidas 11.558.109 toneladas de grãos (IBGE, 2018), porém vem diminuindo o cultivo de terras altas, estando, atualmente, em torno de 2 milhões de hectares. Exceção feita a algumas safras, consideradas atípicas, tem havido aumento, tanto na produção como na produtividade de arroz no RS e as áreas estão estabilizadas há mais de dez anos. (SOSBAI, 2018).

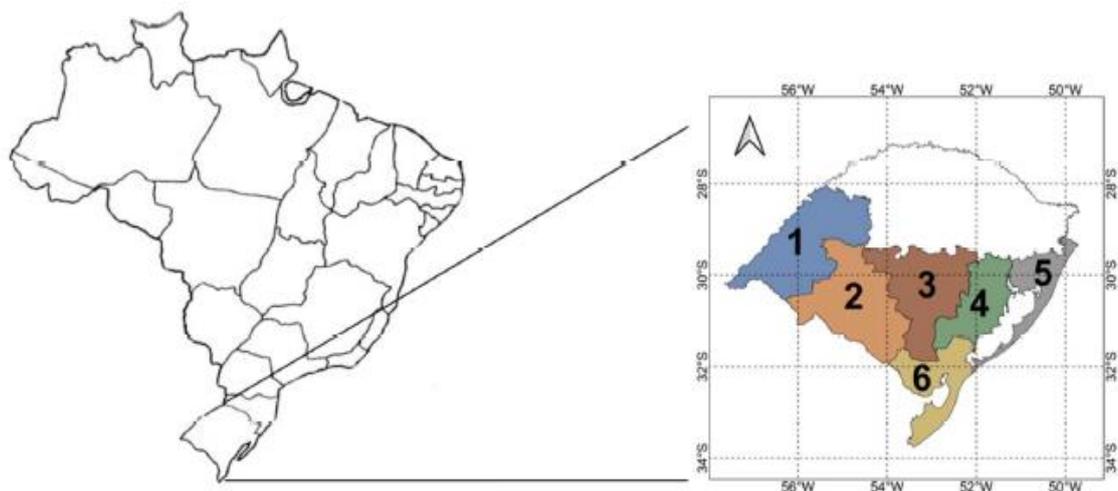
Mesmo com aumento de produtividade, a área cultivada com arroz vem diminuindo a cada safra, principalmente pela inserção da soja nas áreas de várzea. A rotação com uma leguminosa agrega benefícios para o sistema, incrementando a produtividade de arroz em até 26% (RIBAS et al., 2021). As estimativas para a projeção de área plantada de arroz mostram que deverá ocorrer redução aproximada de 1,0 milhão de hectares nos próximos dez anos, passando de 1,697 milhão de hectares para 673 mil em 2028/29. Isso representa uma redução percentual de 8,6% (BRASIL, 2019).

Correspondente ao aspecto social, o arroz possui relevância também ao fato de poder ser cultivado em pequenas a grandes áreas, possibilitando tanto a agricultura familiar e empresarial, gerando renda e emprego, 50% do valor bruto da produção agrícola para diversos

municípios do RS é oriundo do arroz irrigado, no qual é a principal atividade econômica da região (SOSBAI, 2018). As principais áreas produtoras de arroz no Rio Grande do Sul são: Zona Sul (16%), Campanha (16%), Planície Costeira Interna (13%), Planície Costeira Externa (12%), Depressão Central (15%) e Fronteira Oeste (28%) (IRGA, 2017).

A figura 1 representa o mapa das regiões produtoras de arroz no Rio Grande do Sul.

Figura 1- Localização geográfica do Rio Grande do Sul no país, em destaques as regiões produtoras de arroz irrigado no estado. Fronteira Oeste (1), Campanha (2), Região Central (3), Planície Costeira Interna (4), Planície Costeira Externa (5) e Sul (6).



Fonte: SOUZA (2021).

## 2.2 A irrigação e o manejo de irrigação na cultura do Arroz

No Brasil, a produção de arroz irrigado é dividida em dois sistemas de produção, arroz irrigado e arroz em sequeiro. Neste estudo será abordado o arroz irrigado, no qual possui maior produção no país.

No país, são considerados dois ecossistemas de cultivo para a cultura do arroz, o de várzeas, irrigado por inundação, e o de terras altas, englobando o sistema de sequeiro e o com irrigação por aspersão (PINHEIRO et al. 2006). O sistema de cultivo irrigado por inundação é responsável pela maior parcela da produção de arroz no país, este sendo considerado estabilizador da safra nacional.

O Rio Grande do Sul possui aproximadamente 6,5 milhões de hectares de terras baixas, aptos para o cultivo do arroz irrigado (MIURA et al. 2015), anualmente, são cultivados em média cerca de 1,0 milhão de hectares de arroz irrigado (IRGA, 2020).

Para a cultura do arroz no Estado do Rio Grande do Sul o método de irrigação por inundação é o mais utilizado, este é um sistema que possui uma elevada demanda hídrica e baixa eficiência do uso da água. A procura pela racionalização dos recursos hídricos na agricultura é um desafio e neste ambiente a irrigação no arroz necessita de atenção. O cultivo do arroz inundado está inserido entre as principais culturas que mais utilizam água para seu desenvolvimento, estima-se que o arroz utiliza aproximadamente 34% da água de irrigação mundial (BOUMAN, 2007).

De acordo com (SOSBAI, 2018) estima-se que venha sendo usado, atualmente, um volume de água médio de 6 a 12 mil m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> (vazão de 0,70 a 1,75 L/s.ha), para um período médio de irrigação de 80 a 100 dias. As lavouras orizícolas tem dependência fundamental da água e do seu manejo, influenciando significativamente no seu desenvolvimento, uma vez que permanecem inundadas por aproximadamente 100 dias e através dela os nutrientes se tornam disponíveis, além de auxiliar no controle de plantas daninhas (SOSBAI, 2014).

O Estado caracteriza-se pelo cultivo de grandes áreas de arroz, onde predomina o sistema de cultivo com taipas em nível. A irrigação, na grande maioria das lavouras, é pouco planejada, embora se tenha o domínio da água. A inundação ocorre a partir de patamares mais altos, sendo a água conduzida por gravidade, mantendo-se uma lâmina de água por meio de taipas construídas com diferença de nível de 5 a 10 cm (SOSBAI, 2018). Na irrigação por inundação a eficiência do uso da água é muito suscetível a características físicas do solo e topografia, de um adequado planejamento na locação, construção de drenos e canais de irrigação. Lavouras desenvolvidas em solos arenosos e com maior declividade normalmente requerem maior quantidade de água. Da mesma forma, a demanda hídrica é maior em anos com temperaturas elevadas e umidade relativa do ar baixa ou com baixa precipitação (SOSBAI, 2012).

O volume de água requerido pela inundação do solo é o somatório da água necessária para saturar o solo, formar a lâmina, suprir a evapotranspiração e repor as perdas por percolação. Para o cálculo de uma lavoura irrigada por inundação deve-se levar em consideração, as perdas nos canais de irrigação, a quantidade dependente, principalmente, das condições climática, manejo da cultura, características físicas do solo, ciclo do cultivar, localização da fonte e da profundidade do lençol freático influenciam o volume de água requerido pela cultura. (SOSBAI, 2018).

A necessidade real de água requerida pela cultura do arroz é aquela utilizada para o desenvolvimento da planta e sua evapotranspiração, porém uma grande quantidade de água é perdida por evaporação, percolação, e por escoamento superficial quando o nível da água extrapola o nível da taipa. Entretanto, essas perdas podem ser reduzidas quando se adota um manejo apropriado da irrigação (STONE, 2006), conseqüentemente com o manejo de irrigação adequado, associado a condições favoráveis de topografia, a eficiência da irrigação pode atingir valores de até 60% (EMBRAPA, 2005).

O manejo da água da lavoura de arroz está relacionado ao sistema de cultivo utilizado, a adoção de uma ou outro sistema irá determinar diferenças no preparo do solo, no período da irrigação e no uso da água. Atualmente, a otimização do uso da água pela lavoura de arroz constitui-se em questão prioritária do setor orizícola, que busca alternativas de manejo técnica, econômica e ambientalmente sustentáveis. Destaca-se, porém, a forte interação do manejo da água com as demais práticas de manejo da cultura, influenciando seu desempenho (SOSBAI, 2018).

Existe também, outro método de irrigação que vem sendo estudado, porém ainda não está consolidado, vêm ao encontro dos demais manejos que visam aumentar a eficiência no uso da água na cultura do arroz, sendo esse, um manejo que retarda a entrada de água e antecipa a supressão da lâmina de água, chamado de irrigação com período reduzido. Nesse manejo de água a irrigação por inundação é iniciada quando as plantas de arroz se encontram no estágio de seis folhas (V6) e mantido com lâmina até o estágio R7. No entanto, as emissões de CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O também podem ser influenciadas de forma diferenciada por esta condição hídrica (BUSS, 2016). O manejo da irrigação pode influenciar a capacidade produtiva do arroz, aumentar ou reduzir a toxidez do Fe<sup>+2</sup> e diminuir o estresse influenciado por altas temperaturas (SOSBAI, 2012).

Nos últimos anos, estudos estão sendo realizados com o objetivo de desenvolver estratégias para a redução do uso da água nas lavouras orizícolas (LAMPAYAN et al. 2015). Outra forma de manejo consciente que visa a diminuição do volume de água consiste na conversão do método de irrigação por inundação para o método de aspersão, neste sistema o arroz é cultivado durante todo o ciclo em solo aerado, embora a umidade deva ser mantida o mais próximo possível da saturação (SOSBAI, 2018).

### 2.3 Irrigação por aspersão

Irrigação por aspersão é o método em que a água é aspergida sobre a superfície do solo, assemelhando-se a chuva, por causa do fracionamento do jato de água. A irrigação por aspersão adapta-se a quase todas as culturas (BERNARDO et al. 2019). Podendo-se obter altos índices de eficiência, utilizando o dimensionamento correto do sistema, equipamentos adequados e manejo racional da água (FRIZZONE, 2011).

Conforme (MAHAJAN et al. 2012) a redução do uso da água nas lavouras de arroz, gera benefícios econômicos, através da redução de custos, e ambientais devido ao menor consumo de água na irrigação durante o ciclo da cultura. Embora o manejo de água na lavoura tenha melhorado nos últimos anos, nem todos os orizicultores estão sensibilizados da importância desse manejo, pois quanto menor o volume de água usado maior é sua rentabilidade com a lavoura, em razão do menor consumo de energia e de mão-de-obra, já que a irrigação é o terceiro item de maior valor (9,6 %) no custo de produção (IRGA, 2010).

Dessa forma, pesquisadores e produtores vêm trabalhando nos últimos anos, no desenvolvimento de tecnologias para sistemas de produção de arroz mais sustentáveis e que proporcionem menor impacto ambiental. A adoção da irrigação por aspersão na produção de arroz requer fortes mudanças em vários aspectos tecnológicos do cultivo (DUTRA, 2016).

O arroz cultivado nesse sistema tem capacidade de expandir-se para áreas de pastagens degradadas e fazer parte do sistema de rotação com outras culturas anuais, e aumentar sua produtividade gradualmente. Esse acréscimo de produtividade está relacionado com avanços tecnológicos incorporados a esse sistema, entre eles a utilização de irrigação por aspersão de forma complementar, que elimina o risco de deficiência hídrica causada por períodos sem chuvas mantendo a estabilidade da produção (YAMASHITA, 2013). Para evitar esse problema sobre a deficiência hídrica, (ARF et al. 2002) apontaram como solução o uso da irrigação por aspersão para diminuir o risco de perdas da cultura, melhorar a qualidade dos grãos e aumentar a produtividade.

A irrigação por aspersão foi adotada por produtores como uma alternativa de produção que visa a economia de água no setor orizícola. Na década de 90 nos Estados Unidos a irrigação por aspersão começou a ser estudada no cultivo de arroz, com o objetivo de reduzir a aplicação da água na irrigação e oferecer possibilidades de cultivo nas áreas onde a inundação era prevalente (WESTCOTT et al. 1986).

O método de produção de arroz irrigado por aspersão tem-se mostrado particularmente eficaz para regiões de relevo suavemente ondulado e com menor disponibilidade hídrica, onde

a irrigação por inundação demanda volume de água elevado, superando, em algumas situações,  $15000 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$  (SOSBAI, 2018).

Os autores (KAHLLOWN et al. 2017; VORIES et al. 2013; KATO et al. 2014) corroboram, em suas pesquisas observaram uma economia de aproximadamente 50% no uso da água pelo arroz irrigado por aspersão, quando comparada com o irrigado por inundação.

A região da Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul, ainda que possua elevado potencial produtivo na cadeia arrozeira, apresenta menor disponibilidade hídrica e, como resultado demanda mais água para a irrigação do arroz quando comparado com outras regiões arrozeiras do Estado, por causa da sua topografia. Dentro disto, a irrigação por aspersão vem se destacando como uma alternativa adequada para substituição do método tradicional de inundação. Produtores e pesquisadores da região recomendam que o sistema mecanizado com pivô central utiliza em torno de 550 mm para a irrigação ao longo de todo o ciclo da cultura, ou seja, cerca da metade do volume utilizado no sistema inundado (PINTO, 2015).

### 2.3.1 Irrigação por Pivô Central

Pivô central é um sistema de movimentação circular, é constituído de uma linha, com vários aspersores, com tubos de aço de acoplamento especial, suportada por torres dotadas de rodas, o sistema é dotado de recursos de ajuste de velocidade de rotação e de alinhamento nas tubulações. O sistema de irrigação por pivô central apresenta algumas vantagens como: economia de mão de obra, economia de tubulações, manutenção do mesmo alinhamento e da mesma velocidade de movimentação em todas as irrigações, após completar uma irrigação, o sistema estará no ponto inicial para começar uma outra, boa uniformidade de aplicação (BERNARDO et al. 2019).

A irrigação por pivô central ocorre com a aplicação artificial da água ao solo em forma de aspersão, em quantidades adequadas, proporcionando a umidade adequada ao desenvolvimento das plantas, a fim de suprir a má distribuição de chuvas ou até mesmo a falta dela (MELO et al. 2007).

O método de irrigação por pivô central tem possibilitado um importante avanço para a agricultura irrigada no Brasil, pois, ele consegue suprir as necessidades hídricas da planta, em anos e regiões em que apenas a chuva não é suficiente. De acordo com (SILVEIRA et al. 2013), a irrigação por meio de pivô central, em muitas regiões, possibilita a sucessão de até três cultivos irrigados ao longo do ano agrícola. Pesquisas nas décadas de 80 e 90 já afirmavam que esse

sistema de irrigação, traria um amplo crescimento e utilização, por causa de sua enorme eficiência no uso da água e aproveitamento da energia (TURCO et al., 2009; SARAIVA et al., 2012).

A irrigação das culturas a serem utilizadas em rotação, aproveitando-se da infraestrutura estabelecida para o cultivo do arroz, é um grande potencial das terras baixas, sendo próprio desse ambiente. O desafio para que se irriguem as culturas em rotação em áreas de arroz irrigado é o desenvolvimento de métodos de irrigação que sejam viáveis técnica e economicamente, de acordo com as características de cada região arroseira. Em regiões mais declivosas, como a Fronteira Oeste e a Campanha, frequentemente tem-se efetuada a irrigação por pivô central (SOSBAI, 2018).

A irrigação por meio de pivô central, apesar de não ser uma tecnologia muito barata para ser implementada, tem várias vantagens em relação à inundação contínua, por exemplo, além da redução do uso da água ao redor de 40 a 50% (CONCENÇO et al., 2009).

Em estudos conduzidos por (SILVA & HECKLER, 1980) avaliaram que a irrigação suplementar por aspersão promoveu uma produtividade bem mais elevada do que quando o arroz recebeu apenas água das chuvas, garantindo a estabilidade da produtividade e aumentando gradativamente o rendimento da cultura.

## **2.4 Produtividade da Água**

Um dos maiores desafios enfrentados pela agricultura é produzir mais alimento com o menor uso da água possível, a partir disto entra a concepção da produtividade da água. A produtividade da água (PW) são estudos recentes (BLUEMING et al. 2007), que busca quantificar quanto de um produto é produzido por unidade de volume de água utilizado na sua produção.

Segundo a Agência Nacional das Águas (ANA 2015), a irrigação foi responsável por 72% da vazão consumida no Brasil, sendo oito vezes superior a utilizada no abastecimento urbano.

Devido à agricultura irrigada estar sob condições de escassez dos recursos hídricos, a água disponível precisa ser empregue visando a maior eficiência possível. Com isso, o termo “produtividade da água” como é referido por vários pesquisadores dentro do cenário agrônomo (BLUEMING et al. 2007) o aumento da produtividade da água é relacionado a vários fatores, como qualidade do material genético, práticas eficientes de manejo de água, práticas agronômicas e políticas de incentivo à produção. A produtividade da água, pode ser avaliada através da relação entre a produtividade física (em grãos) e quantidade de água aplicada na irrigação (ALI et. al, 2008).

Uma alternativa recomendável para se aumentar a eficiência da agricultura irrigada é através do uso de sistemas de manejo conservacionistas, que possam contribuir para o aumento da produtividade com redução da lâmina de água aplicada à cultura (RESENDE et al., 2000), como a migração da irrigação por inundação para irrigação por pivô central na cultura do arroz.

É importante relacionar a produtividade das culturas com o volume de água consumida para esta produção. A produtividade da água é o total de água utilizado pela cultura (precipitação + irrigação) ou somente água utilizada na irrigação (PEREIRA et al. 2002). Dessa forma, a produtividade da água pode ser definida como uma relação entre a produção atingida pela cultura (Y) em quilograma (kg), e a quantidade de água utilizada para esse fim, em metro cúbico (m<sup>3</sup>) (ALMEIDA, 2008).

É recomendável planejar o manejo de irrigação para aumentar o rendimento, a eficiência do uso da água, a adoção de estratégias eficientes na gestão da irrigação, mantendo a viabilidade econômica da atividade (MARTIN et al., 2012).

## **2.5 Rendimento econômico na produção de grãos**

O planejamento e a operação de um sistema de irrigação têm de ser baseados nos objetivos e nas condições em que se executará o sistema. Em regiões áridas, onde a água é fator limitante, o objetivo deve ser a obtenção máxima de produção por unidade de água aplicada. Noutras condições, o propósito pode ser a obtenção de máxima produção por unidade de área cultivada ou por unidade de custo de mão de obra ou de energia consumida (BERNARDO et al., 2019).

Devido ao decréscimo de disponibilidade de água para a agricultura, aos altos custos de energia (LÓPEZ et al., 2010) aliar o lucro com a economia da água na irrigação é algo desafiador, visto que, diante do fator econômico, uma irrigação eficiente significa aplicar menores lâminas, o que poderá causar a redução da produção, porém, esta poderá trazer vantagens como: aumento da eficiência da irrigação, redução dos custos da irrigação e redução dos impactos ambientais (CASTRO et al., 2015).

Os sistemas de irrigação por aspersão devem aplicar água com a maior uniformidade possível, visto que a desuniformidade diminui o retorno econômico e aumenta o impacto ambiental, em função da redução na produtividade e do desperdício de água (Faria et al., 2009). É fundamental o conhecimento da eficiência do uso da água e a sua importância para o manejo da frequência e duração dos intervalos de reposição de água no solo, bem como para análise da

viabilidade econômica da utilização de tecnologias de irrigação e de seus efeitos sobre o rendimento das culturas (ALI et., 2007).

Agronomicamente, no caso de cultivos de lavoura, cujo atributo de interesse econômico principal é a produção de grãos, EUA significa, a quantidade de grãos produzida por unidade de área cultivada e por unidade de água usada, por exemplo: kg de grãos.ha<sup>-1</sup>.mm<sup>-1</sup> (CUNHA et al., 2014).

CONCEIÇÃO (2016) abordada em seu estudo que em sistemas de aspersão são levados em consideração valores médios do custo da água, dentro de uma faixa de 0,30 a 1,50 \$ mm<sup>-1</sup>ha<sup>-1</sup>, considerando uma variação em relação aos horários de acionamentos dos sistemas, bem como, os diferentes locais no território.

(SILVA et al. 2014) conduziram experimento em Serra Talhada – PE com o objetivo de se obter a eficácia do uso da água na palma forrageira e encontraram valores, em média, igual a 35,4 e 5,4 RS.ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>, ou seja, a cultura possui um retorno de R\$ 35,4 a cada 1m<sup>3</sup> de água via precipitação por ha<sup>-1</sup>, com base na irrigação esse valor foi de 39,5 e 7,7 R\$ ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>, respectivamente. Ferreira et al., (2021) estudando diferentes lâminas de irrigação que resultassem na máxima produtividade e maior retorno econômico no milho obteve valor de R\$ 1,30 mm<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup>.

(OSTI et al. 2019) trabalharam em Mato Grosso com milho e feijão submetido a diferentes lâminas de irrigação encontraram o maior valor em aplicação das lâminas de R\$ 6,79 ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup> para a lâmina de 388 mm, e o menor gerado consecutivamente pela menor lâmina que correspondeu a R\$ 2,45 ha<sup>-1</sup> e 140 mm, respectivamente. (NEVES et al. 2021) encontraram os valores de R\$ 5,49 para o custo da lâmina ha<sup>-1</sup>mm<sup>-1</sup> em um experimento realizado com diferentes lâminas e doses de nitrogênio da cultura do feijoeiro.

Define-se função de produção como a relação técnica entre um conjunto específico de fatores envolvidos num processo produtivo e a produtividade física possível de se obter tecnologia existente. Para quantificar os benefícios econômicos da irrigação, é necessário saber quantificar o esperado aumento na produtividade em função do aumento da água aplicada (BERNARDO et al., 2019).

### 3 METODOLOGIA

Neste capítulo será abordado a metodologia utilizada para a execução e condução do experimento, contendo informações como a localização, época e implantação da cultura.

#### 3.1 Caracterização do local do experimento

O devido experimento foi realizado à campo no ano agrícola 2020/21 na Estação Experimental cedida pelo Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA) localizada nas coordenadas geográficas 29°50'45" latitude e 57°05'14" e oeste no município de Uruguaiana – RS (Google Earth, 2022).

Figura 2- Imagem via satélite da área experimental, Uruguaiana, RS.



Fonte: Google Earth (2022).

O município de Uruguaiana está situado à Sudoeste da região do Planalto da Campanha, na Fronteira Oeste do Estado do Rio Grande do Sul. Apresentada as coordenadas geográficas 29° 45'17"S latitude sul e longitude 57° 05' 18"O de longitude oeste. O local encontra-se a 74 metros acima do nível do mar, pertencendo à classe "Cfa", apresentando clima predominante subtropical, temperado quente, com estações bem definidas, com temperaturas média no verão entre 23°C e 27°C e no inverno varia entre 14°C a 15°C (COELHO et al., 2004).

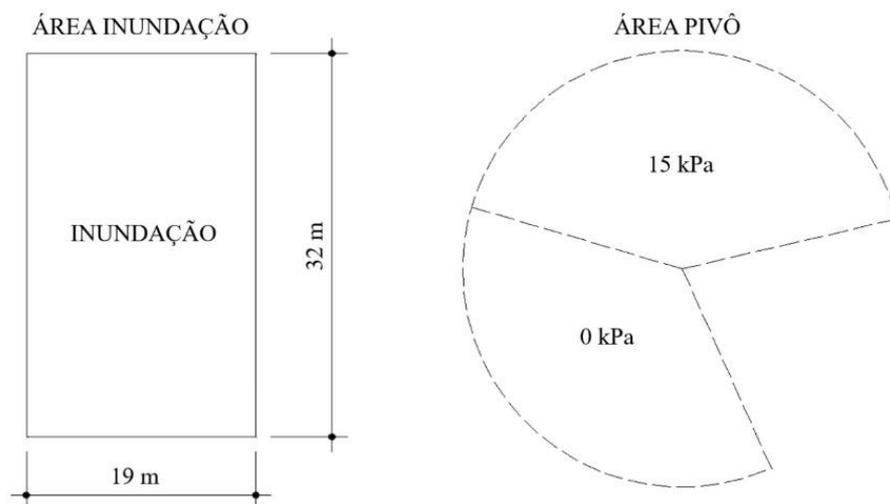
### 3.2 Análises de Solo

Foram coletadas amostras de solo para a realização de análises químicas do solo. As amostras foram retiradas das seguintes profundidades: 0,1 m e 0,2 m. As devidas amostras foram conduzidas para Laboratório de Análises do Solo do Instituto Rio Grandense do arroz (IRGA), no município de Cachoeirinha – RS.

### 3.3 Delineamento Experimental

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com três tratamentos de irrigação, e vinte repetições por tratamento. O manejo de irrigação foi via solo (quando irrigar) através da utilização de tensiômetros indicando o momento para as irrigações e os tratamentos utilizados: tratamento 1 (T1) - 0 kPa, manutenção do solo saturado; tratamento 2 (T2) – 20/15 kPa, irrigação 20 kPa, durante a fase vegetativa (E a R1), e de 15 kPa, durante a fase reprodutiva (R1 a R9); tratamento 3 (T3) - inundação contínua (testemunha), com a altura de lâmina de 0,7 m. A área que corresponde ao pivô é de 1 ha. A imagem 2 representa o croqui da área experimental.

Figura 3- Croqui da área experimental do IRGA Uruguaiana, com os diferentes tratamentos.



Fonte: O autor.

### 3.4 Semeadura e Adubação

A cultura do arroz foi implantada no dia 15 de outubro de 2020 sob sistema de plantio direto, com densidade de sementes  $80 \text{ kg ha}^{-1}$ . Foi utilizado a cultivar IRGA 424 RI, que possui ciclo médio.

Foi realizada a adubação de base  $330 \text{ kg ha}^{-1}$ . Durante o ciclo foram realizadas três aplicações de nitrogênio (N), aos 14, 35 e 70 dias após a emergência (DAE) nos estádios V2, V5 e R1, respectivamente.

### 3.5 Manejo da Irrigação

As irrigações foram estabelecidas através de um sistema do tipo pivô central. O tratamento 3 foi conduzido fora do sistema de aspersão, para este, demarcou-se uma área de  $19 \times 32 \text{ m}$ , totalizando  $608 \text{ m}^2$  e realizada a semeadura para o tratamento testemunha (inundação contínua).

O manejo de irrigação aplicado foi via solo (quando irrigar) com a utilização de tensiômetros instalados em todo o experimento que indicou o momento das irrigações e via clima (quanto irrigar), no qual foi utilizado para calcular a lâmina necessária para as irrigações por pivô central.

Para aplicação da lâmina de irrigação no pivô central, foi calculada a evapotranspiração de referência da cultura ( $ET_c$ ) diária, baseada em dados retirados diariamente da estação automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), para o município de Uruguaiana-RS. O manejo de irrigação utilizado baseou-se no turno de rega fixo, com intervalo de um dia entre as irrigações, a lâmina de irrigação aplicada durante o ciclo da cultura foi efetuada com base nos dados de evapotranspiração de referência, e realizada através da expressão:

$$ET_c = ET_o . k_c \quad (1)$$

Em que:

$ET_c$ = evapotranspiração da cultura (mm);

$ET_o$ = evapotranspiração de referência (mm);

$K_c$ = coeficiente da cultura.

A evapotranspiração de referência foi estimada pelo método indireto de Benevides e Lopez (1970), de acordo com a disponibilidade de dados meteorológicos dentro do ambiente protegido, conforme a equação 2.

$$ET_o = 0,67.10 \cdot \left( \frac{7,5.T}{T + 273,5} \right) \cdot (1 - 0,01.UR) + 0,12.T - 0,38 \quad (2)$$

Em que:

ET<sub>o</sub>= evapotranspiração de referência, mm;

T= temperatura média, °C;

UR= umidade relativa do ar, %.

Para os tratamentos de irrigação foram testadas três lâminas distintas, 0 kPa, manutenção do solo saturado, 20/15 kPa, irrigação 20 kPa, durante a fase vegetativa (E a R1), e de 15 kPa, durante a fase reprodutiva (R1 a R9), inundação contínua (testemunha), com a altura de lâmina de 0,7 m.

### 3.6 Parâmetros de crescimento, desenvolvimento e produtividade

Durante o ciclo da cultura foram determinados os seguintes parâmetros:

#### 3.6.1 Índice de área foliar

As determinações de área foliar tiveram início aos 32 dias após a semeadura (DAS), sendo as determinações realizadas em nove plantas por tratamento e em períodos mensais.

A superfície foliar é avaliada pelo índice de área foliar (IAF). Este é a relação entre a área da superfície da folha por unidade de área do solo (m<sup>2</sup>), e calculado pelo método de (Stone et al., 1979). O aumento do IAF é dado pelo aumento do número de perfilhos e de folhas por perfilhos e pelo tamanho das folhas. Foram medidos o comprimento e a maior largura das folhas da planta mãe. O IAF é dado pelas seguintes equações:

$$IAF = K. \text{Área foliar de um perfilho em m}^2 \quad (3)$$

$$IAF = \frac{AF \cdot NP}{10000}$$

(4)

Em que:

AF = área foliar m<sup>2</sup>;

NP = número de perfilhos em 1m<sup>2</sup> de solo;

IAF = índice de área foliar m<sup>2</sup>.m<sup>-2</sup>;

K = é o fator de correção utilizado o valor de 0,75 para todas as fases de crescimento da cultura.

### 3.6.2 Altura de plantas e diâmetro do caule

Juntamente com as medidas de área foliar, foram realizadas medidas de altura de plantas (cm) e diâmetro do caule (mm) da planta mãe. A medida de altura da planta mãe foi realizada medindo-se a distância vertical entre a superfície do solo ao ápice da panícula utilizando-se trena graduada, e para a medição do diâmetro do caule utilizou-se um paquímetro digital. Posteriormente a estas medidas, realizou-se a contagem de número de perfilhos por repetição.

### 3.6.3 Número de perfilhos

Determinou-se por meio da contagem de todos os perfilhos na parcela durante todo o ciclo da cultura em um período mensal.

### 3.6.4 Número de panículas

Contagem do número de panículas contidas por metro em cada unidade experimental no momento da colheita.

### 3.6.5 Matéria Seca Total

Quando as plantas atingiram a senescência e umidade própria para colheita, foram avaliados os componentes agronômicos de produção.

A determinação de matéria seca foi realizada ao final do ciclo da cultura, em quinze repetições em cada tratamento. As plantas foram cortadas rente ao solo e separadas em diversas partes, posteriormente identificadas e secas em estufa 60° C durante 72 horas (tempo suficiente para obtenção da massa constante) e posterior pesagem.

### 3.6.6 Produção de grãos

Para a obtenção dos componentes da produção de grãos foram coletadas vinte plantas de cada tratamento. As plantas foram separadas, colocadas em envelopes de papel individualmente, identificadas e levadas a estufa para a secagem durante 72 horas a 65°C, e após determinados os componentes do rendimento, tais como: número de panículas/m<sup>2</sup>, número de espiguetas/ panícula, número de grãos/panícula e peso médio dos grãos.

Uma vez conhecidos os componentes da produção de grãos, a massa da produção de grãos (Pg) é estimada pelo produto daqueles componentes e o fator de correção da produção de grãos secos para produção de grãos com 13% de umidade (umidade de padrão ou de referência), expressa por:

$$Pg = 11,5 \cdot n^{\circ} \text{ de } \frac{\text{panículas}}{\text{m}^2} \cdot n^{\circ} \text{ de panículas} \cdot \% \text{ de espiguetas cheias} \cdot \text{massa de } 100 - 3 \quad (5)$$

Em que:

Pg = produtividade de grãos, kg ha<sup>-1</sup>;

11,5 = produto do fator de correção da produção para 13% de umidade dos grãos igual a 1,15 e o fator de transformação da produção de grãos g.m<sup>-2</sup> para a produção de grãos kg ha<sup>-1</sup>.

### 3.7 Índice de Colheita

Á partir dos valores de massa seca total e a produção de grãos, foi possível obter o índice de colheita para cada tratamento, representado através da expressão:

$$IC = \left( \frac{Pg}{MST} \right) \quad (6)$$

Em que:

$P_g$  = produtividade de grãos,  $\text{kg ha}^{-1}$ ;

MST = Matéria Seca Total,  $\text{kg ha}^{-1}$ .

### 3.8 Produtividade da Água

Para as diferentes estratégias de irrigação será determinada a produtividade da água (PW) será definida como a razão entre a produção em grãos atingida pela cultura e a quantidade de água utilizada, como segue:

$$WP = \left( \frac{Pg}{TAA} \right)$$

(7)

Em que:

$P_g$  = produção de grãos e de matéria seca atingida pela cultura,  $\text{kg ha}^{-1}$ ;

TAA = total de água utilizado pela cultura, incluindo a precipitação pluviométrica,  $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ .

### 3.9 Rendimento econômico na produção de grãos

A caracterização da resposta da cultura à irrigação é conhecida como função de produção, a qual varia com a quantidade de água aplicada.

Para a avaliação de análise econômica, cada unidade experimental foi considerada como uma lavoura comercial, com a utilização do mesmo espaçamento, doses e épocas de aplicação para todos os tratamentos, variando apenas a quantidade de água aplicada.

A metodologia para análise do rendimento econômico na produção de grãos da cultura foi desenvolvida conforme (BERNARDO et al. 2019) apresentada a seguir.

Considerando como receita ou faturamento o valor arrecado com a venda da produção, e como custo, a soma dos gastos ocorridos no processo de produção. O lucro ou rendimento será a diferença entre a receita e o custo da produção. Sendo assim, a equação 9 demonstra a função que define o rendimento em relação à lâmina aplicada.

$$R = P_y \cdot Y - (P_a \cdot W + C_f)$$

(8)

Em que:

$P_y$  = preço do produto, R\$;

$Y$  = produtividade de grãos alcançados pela cultura, kg ha<sup>-1</sup>

$P_a$  = custo da aplicação de água de irrigação, R\$.mm<sup>-1</sup>;

$C_f$  = custos fixos do sistema de irrigação, R\$;

$R$  = rendimento da agricultura irrigada, R\$.mm<sup>-1</sup>.

Considerando que o custo da água necessária para realizar a irrigação foi inteiramente composto pelo custo da energia elétrica, (LIMA et al. 2012) apontam que o mesmo pode ser obtido através da energia dissipada específica no sistema de irrigação por aspersão (kWh mm<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup>) pelo número de horas de funcionamento do sistema de irrigação e pelo custo médio da energia elétrica (R\$ kWh<sup>-1</sup>).

Desta maneira, foram levados em consideração os custos para o abastecimento da água, de forma que os demais fatores envolvidos na produção da cultura como insumos, fertilizantes e máquinas mantiveram-se fixos, em níveis ótimos e iguais para os distintos tratamentos.

De acordo com (CONCEIÇÃO, 2016) foram levados em consideração valores médios do custo da água, dentro de uma faixa de 0,30 a 1,50 \$ mm<sup>-1</sup>ha<sup>-1</sup> para a lâmina de irrigação por aspersão e os preços da lâmina de água aplicada ( $P_a$ ) utilizados foram obtidos na bibliografia em Reais (R\$) e convertidos para Dólares (\$).

Os valores para a lâmina de inundação levados em consideração foram de acordo a metodologia (IRGA, 2021) para os custos fixos, valores médios do custo da água onde permaneceu em R\$ 122,00 mm<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup>.

O preço do produto ( $P_y$ ) foi obtido através da cotação média estadual do valor da comercialização por saca de 50 kg para o mês de julho de 2022 em R\$ 75,41.

### 3.10 Análise Estatística

Para interpretação dos resultados, foi realizada a análise da variância usando-se o teste F a 5% de probabilidade de erro, para interpretação do nível de significância usando-se o pacote estatística SISVAR 5.6.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo apresenta e discute os resultados obtidos com o experimento.

### 4.1 Análises de solo

Os resultados das características químicas do solo estão apresentados na tabela 1.

Tabela 1 - Características químicas do solo da Estação Experimental IRGA, Uruguaiana, RS.

| Prof. (cm) | Argila (%) | Ph (H <sub>2</sub> O) | Índice SMP | P (mg/dm <sup>3</sup> ) | K mg/m <sup>3</sup> | M.O (%) | Al   | Ca   | Mg  |
|------------|------------|-----------------------|------------|-------------------------|---------------------|---------|------|------|-----|
| 0-10       | 32         | 5,6                   | 6,1        | 11,5                    | 79                  | 3,1     | 0,14 | 15,9 | 6,4 |
| 0-10       | 35         | 5,8                   | 6,2        | 3,5                     | 57                  | 2,2     | 0,12 | 16,5 | 6,4 |
| 0-10       | 27         | 5,7                   | 6,3        | 8,1                     | 100                 | 2,7     | 0,12 | 12,4 | 5,5 |
| 10-20      | 32         | 5,9                   | 6,3        | 3,4                     | 50                  | 1,9     | 0,10 | 13,7 | 5,9 |
| 10-20      | 32         | 5,3                   | 6,0        | 13,6                    | 108                 | 3,3     | 0,25 | 12,8 | 4,6 |
| 10-20      | 38         | 5,5                   | 6,1        | 3,5                     | 54                  | 2,3     | 0,21 | 17,2 | 6,2 |

Fonte: O autor.

### 4.2 Irrigação

No tratamento inundação contínua (testemunha) entrou-se com a água no estágio vegetativo V2 totalizando noventa e três dias de irrigação durante o ciclo.

No tratamento com tensão no solo de 0 kPa o turno de rega estabelecido foi de um dia entre as irrigações, quando não havia precipitações, mantendo o solo saturado durante toda a condução da cultura.

No tratamento com tensões de 15 kPa, o turno de rega adotado de dois dias entre as irrigações. Entretanto, as irrigações no tratamento de 15 kPa foram interrompidas quando se constatou que a cultura não estava respondendo positivamente a esta reposição de lâmina. As irrigações neste tratamento foram realizadas até o arroz entrar em estágio reprodutivo R1, onde verificou-se tecnicamente que a cultura não iria completar seu ciclo natural, visto que a planta não possuía estatura recomendável e nem emitiu panícula uniforme, tornando assim uma lavoura desuniforme e não rentável, deste modo resultando em uma produção insuficiente. A lâmina de irrigação aplicada no tratamento foi de 210 mm.

Com isto, analisou-se que lâminas de irrigação com tensões maiores que 0 kPa, não seriam viáveis, nas condições climáticas onde o experimento estava sendo conduzido. A partir disto, deu-se seguimento ao experimento somente com os tratamentos de 0 kPa e Inundação.

Na tabela 2 são representadas as lâminas de irrigação para os diferentes tratamentos.

Tabela 2 – Lâminas de irrigação para os distintos tratamentos.

| Tratamento de irrigação | Lâmina média aplicada por irrigação (mm) | Lâmina de irrigação total (mm) | Precipitação pluviométrica (mm) | Total de água aplicado (mm) |
|-------------------------|--|--------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|
| 0 kPa                   | 10                                       | 1004                           | 213,8                           | 1217,8                      |
| Inundação               | 15,4                                     | 1408                           | 213,8                           | 1621,8                      |
| 15 kPa                  | 7  | 210                            | 60                              | 270                         |

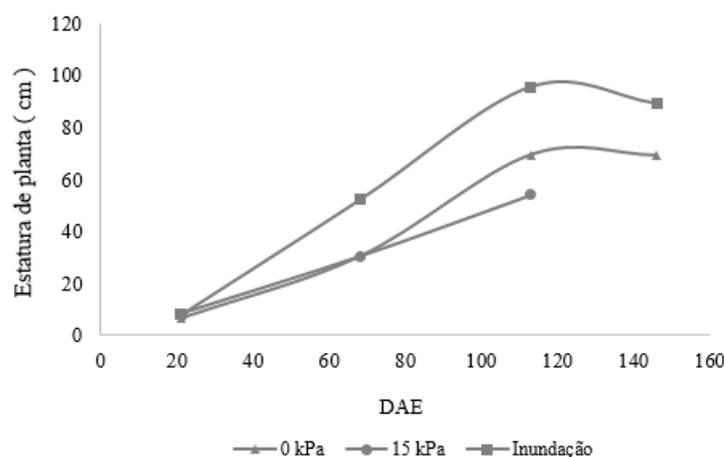
Fonte: O autor.

### 4.3 Parâmetros de crescimento, desenvolvimento e produtividade

#### 4.3.1 Altura de planta

Na figura 4, é demonstrado a altura de plantas no decorrer do ciclo. Observa-se que a altura máxima observada neste estudo foi de 95,61 aos 123 DAS (dias após a semeadura), no tratamento de inundação contínua. Este resultado está de acordo com os valores apresentados pelo IRGA em que afirma que a cultivar IRGA 424 RI possui estatura média de plantas de 90 cm em ambiente inundado.

Figura 4 – Resposta da estatura de plantas em função da lâmina aplicada



Fonte: O autor.

Observa-se que a irrigação influenciou na altura das plantas, onde da maior reposição de água para a menor ocasionando em plantas com estaturas menores. Notou-se que o tratamento de 15 kPa levou mais tempo, quando comparado aos demais para entrar no estágio reprodutivo R1, prejudicando diretamente o desenvolvimento da planta, conseqüentemente não alcançando a estatura média recomendada, tornando assim uma lavoura desuniforme e baixa de produtividade. Este fator foi significativo na decisão em suspender este tratamento. Este trabalho corrobora com valores encontrados por (PINTO, 2015), trabalhando com arroz irrigado por aspersão com diferentes tensões, analisou que as plantas de arroz diminuíram significativamente com o aumento da tensão média de água no solo.

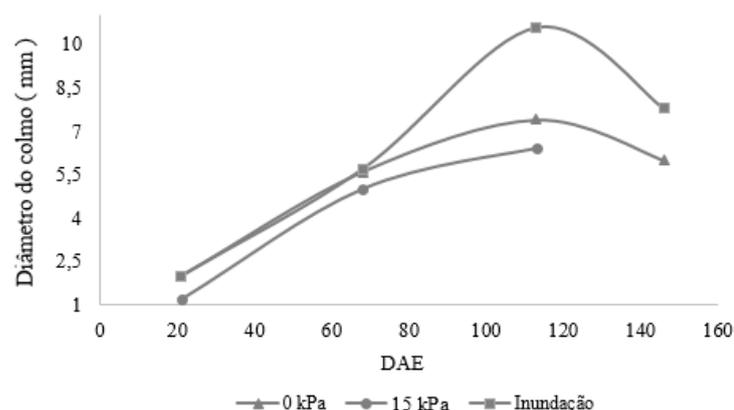
O tratamento com a reposição de 0 kPa solo saturado alcançou média de 69,38 cm, estes valores são semelhantes com os resultados obtidos por (MENEZES et al. 2018), em que estudaram o espaçamento na produção de arroz irrigado por aspersão no município de Goianésia – GO, onde obteve o maior valor de 64,3 cm de altura de plantas para a variedade BRS Primavera.

#### 4.3.2 Diâmetro do colmo

As lâminas de irrigação apresentaram influência direta no diâmetro do colmo em todos os tratamentos, pois, o tratamento por inundação contínua obteve o maior diâmetro de colmos.

Na figura 5, observa-se que o diâmetro do colmo apresentou comportamento crescente em função das lâminas aplicadas no decorrer do ciclo da cultura. O maior valor encontrado para o diâmetro do colmo foi de 10,6 mm no tratamento inundação contínua. Já o menor valor foi de 6,4 mm no tratamento de 15 kPa e o tratamento de 0 kPa correspondeu a 7,4 mm.

Figura 5 - Diâmetro do colmo em função das lâminas aplicadas.



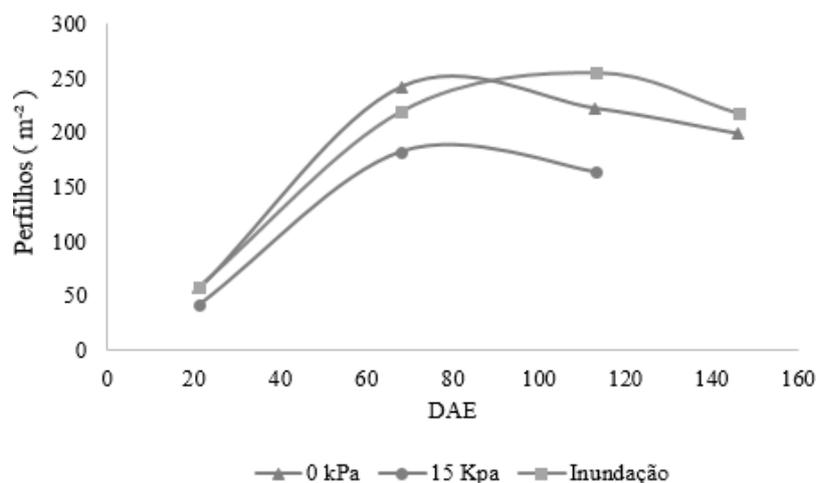
Fonte: O autor.

De acordo com Lange et al. (2016), o diâmetro do colmo do arroz, associado à estatura da planta é um atributo essencial, pois ele dá indicativos sobre a suscetibilidade de acamamento da planta. Quanto maior a altura da planta e menor diâmetro do colmo, a possibilidade de acamamento é maior.

#### 4.3.3 Número de perfilhos

A figura 6, apresenta o perfilhamento do arroz em cada tratamento de irrigação. O maior número de perfilhos.m<sup>-2</sup> encontrado neste estudo foi de 225,33 perfilhos m<sup>-2</sup> para o tratamento de irrigação com inundação contínua, 222,22 e 163,9 perfilhos m<sup>-2</sup> nos tratamentos com as tensões no solo de 0 e 15 kPa, respectivamente. Estes valores corroboram com os dados obtidos (DUTRA 2016) que estudou adubação nitrogenada em arroz irrigado por aspersão com a cultivar BRS Pampa no município de Capão do Leão - RS, onde encontrou sua maior média de 727 de perfilhos m<sup>-2</sup> no tratamento com maior a maior dosagem de nitrogênio, resultando na média geral de 572 perfilhos m<sup>-2</sup>. Já Oliveira (2015) em experimento com arroz inundado obteve 69,65 perfilhos m<sup>-2</sup> em estudo com a cultivar IRGA – 417.

Figura 6 - Influência da irrigação no perfilhamento do arroz.



Fonte: O autor.

A utilização da irrigação no arroz favoreceu o perfilhamento da cultura, (LOPES et al. 2015) afirmam que o número de perfilhos na cultura do arroz encontra-se diretamente associado ao perfilhamento durante a fase vegetativa. Com isso,(DUTRA et al.2016) enfatiza a capacidade

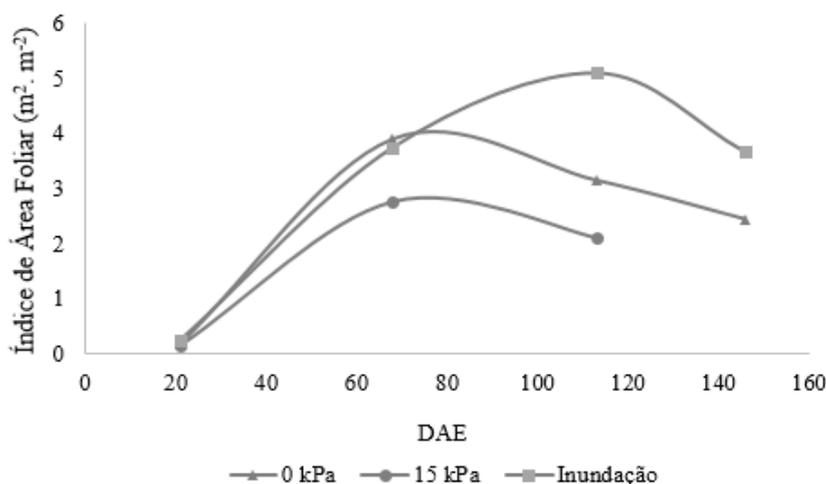
de perfilhamento é uma característica variável entre cultivares de arroz, sendo, ainda bastante influenciada pelas condições de cultivo e manejo.

#### 4.3.4 Índice de área foliar

A área foliar na cultura do arroz apresentou variação temporal inicialmente lenta, seguida de um forte crescimento a partir da fase de formação de perfilhos, e posteriormente houve a queda no índice de área foliar (IAF) devido ao início da senescência nas folhas.

Na figura 7, é possível observar que a variação temporal do IAF foi semelhante nos primeiros estádios da cultura, iniciando-se a diferenciação a partir do perfilhamento pleno. Os diferentes manejos de água influenciaram diretamente no IAF e também no desenvolvimento das plantas, aumentando durante o estágio reprodutivo até o pleno florescimento, período em que ocorreram os máximos IAF.

Figura 6 - Variação temporal do índice de área foliar.



Fonte: O autor.

O maior índice de área foliar foi obtido pelo tratamento de inundação contínua com o valor de  $5,1 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$ , os manejos de água correspondente a 0 e 15 kPa resultaram em 3,15 e  $2,1 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$ , respectivamente, aos 113 dias após a emergência, após este período houve um decréscimo do IAF, devido à senescência das folhas que reduz a área foliar verde.

Os valores encontrados neste estudo, estão de acordo com (GARCÍA 2002) que analisou modelos de área foliar para o arroz inundado e obteve valor de IAF máximo igual a 5,86

$\text{m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$ , aos 93 dias após a emergência. (ALVAREZ et al. 2012) conduziram experimento em Botucatu - SP com arroz irrigado por aspersão nas cultivares BRS Primavera e Maravilha e observaram que dos 39 aos 47 DAE houve uma tendência similar entre as cultivares, após este período o IAF máximo foi de  $4,3 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$  aos 83 DAE para a cultivar BRS Pampa e  $4,2 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$  aos 92 DAE para a cultivar Maravilha, após alcançar o IAF máximo observou-se a diminuição destes valores, chegando a atingir  $1 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$  nas cultivares estudadas. (CARLESSO et al. 1998) relata, o menor índice de área foliar observado na cultura do arroz ocorreu após a maturação fisiológica das plantas, devido à maior senescência das folhas.

A diminuição de área foliar, principalmente nos manejos com déficit hídrico, pode ser justificada como uma estratégia de sobrevivência que a planta utiliza, com o intuito de diminuir a superfície disponível à transpiração. Tal redução é formada por um mecanismo morfológico de defesa, em que a redução da interface entre a planta e atmosfera reduz a transpiração, que é algo positivo, entretanto também reduz em mesma escala a assimilação fotossintética, que é considerado um aspecto negativo para a produção da cultura (CORREIA et al., 2014; OLIVEIRA et al., 2014).

#### 4.3.4 Número de panículas

O número de panículas  $\text{m}^{-2}$  obtido foi de 107,95 panículas  $\text{m}^{-2}$  para o tratamento inundado e 105,4 panículas  $\text{m}^{-2}$  no tratamento 0 kPa saturado.

Estes valores são semelhantes ao encontrado por (MATTOS et al. 2017) em estudo com diferentes inoculantes em cultivares de arroz inundado encontraram 129 panículas  $\text{m}^{-2}$  para a cultivar BRS Pampa e 131 panículas  $\text{m}^{-2}$  para a cultivar BRS Querência, no ano agrícola 2013/14, no município de Capão do Leão – RS. Os resultados encontrados neste estudo diferem de (RAMÃO et al. 2018) em que, estudaram nivelamento da superfície do solo e altura da lâmina de água e encontraram 480 panículas  $\text{m}^{-2}$ . (SOSBAI 2014) ressalta, o número de panículas  $\text{m}^{-2}$  é um dos principais fatores que apresentam relação direta com a produtividade.

#### 4.3.5 Matéria Seca Total

A variável produção de matéria seca total (MST)  $\text{kg ha}^{-1}$  obteve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos de irrigação. A ANOVA para este parâmetro pode ser analisado na tabela 3.

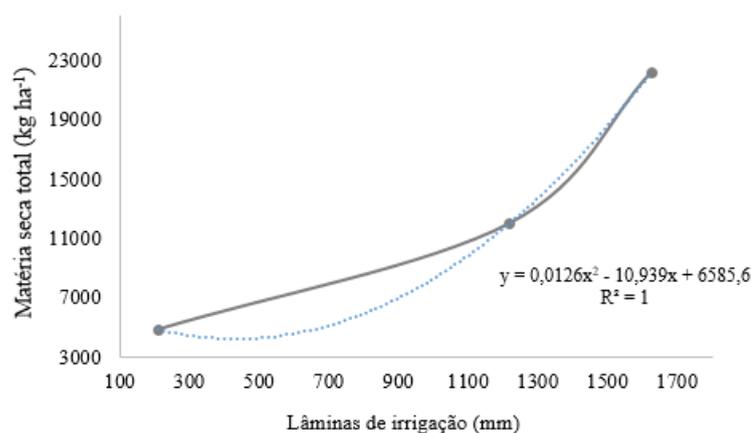
Tabela 3 - Análise de variância para a produção de matéria seca total kg ha<sup>-1</sup> da cultura do arroz.

| FV          | GL         | SQ     | QM                    | Fc     | Pr> Fc |
|-------------|------------|--------|-----------------------|--------|--------|
| Lâminas     | 2          | 2,2737 | 1,1368                | 58,462 | 0,0000 |
| Erro        | 42         | 0,8167 | 19446413,52           |        |        |
| Total       | 44         | 3,0904 |                       |        |        |
| CV (%)      | 33,95      |        |                       |        |        |
| Média geral | 12990,7973 |        | Número de observações | 45     |        |

A produção de matéria seca foi crescente de acordo com o acréscimo das lâminas nos diferentes manejos de irrigação, sendo a inundação contínua atingindo valor máximo de 22164,2 kg ha<sup>-1</sup> na produção de MST, os tratamentos com manejo de 0 e 15 kPa resultaram em 11964,3 e 4845,6 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Estes valores coincidem com os encontrados por De (MARCO et al. 2012), avaliaram a influência do manejo da água sobre a produção do arroz irrigado por inundação e aspersão no município de Capão do Leão – RS, obtiveram o valor máximo de produção de matéria seca total igual a 18681 kg ha<sup>-1</sup> no sistema inundado, 17642 11491 e 11579 kg ha<sup>-1</sup> com as tensões no solo de 0, 20 e 40 kPa, respectivamente, e concluiu que as variações na absorção de nutrientes pelo arroz, decorrentes do manejo da água, estão associadas, principalmente, à produção de matéria seca da cultura.

Na figura 8, é possível observar que a água influencia diretamente no desenvolvimento da cultura resultando em um comportamento polinomial quadrático de produção de matéria seca.

Figura 7 – Comportamento da matéria seca total de arroz sob diferentes manejos de água.



Fonte: O autor.

( TANAKA, 1964) informa que, a produção de matéria seca aumenta proporcionalmente com o aumento do IAF, até atingir determinado valor, e evidencia que o aumento de IAF devido a maior produção de MST resulta a uma produção de grãos.

#### 4.3.6 Produtividade de grãos

A variável produtividade de grãos (PG)  $\text{kg ha}^{-1}$  obteve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos de irrigação. A ANOVA para este parâmetro pode ser analisado na tabela 4.

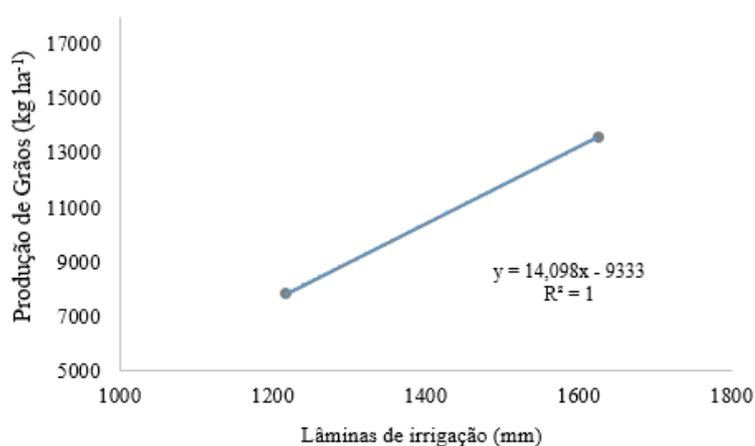
Tabela 4 - Análise de variância para a produtividade de grãos total  $\text{kg ha}^{-1}$  da cultura do arroz.

| FV          | GL        | SQ           | QM                    | Fc      | Pr > Fc |
|-------------|-----------|--------------|-----------------------|---------|---------|
| Lâminas     | 1         | 332507923,22 | 332507923,22          | 1086,53 | 0,0000  |
| Repetição   | 19        | 92816393,27  | 4885073,33            | 15,963  | 0,0000  |
| erro        | 19        | 5814518,27   | 306027,27             |         |         |
| Total       | 39        | 431138834,77 |                       |         |         |
| CV (%)      | 5,17      |              |                       |         |         |
| Média geral | 10706,925 |              | Número de observações | 40      |         |

Fonte: O autor.

Observa-se que acontece um acréscimo na produção de grãos  $\text{kg ha}^{-1}$  conforme o incremento da lâmina de irrigação, alcançando o nível de máximo de produtividade no manejo correspondente a inundação, havendo uma redução para o manejo de tensão 0 kPa em solo saturado. O tratamento que correspondeu ao manejo de água com solo inundado resultou em  $13590,14 \text{ kg ha}^{-1}$  e o tratamento com manejo em solo saturado resultou em  $7823,76 \text{ kg ha}^{-1}$ .

Figura 8- Comportamento da produção de grãos de arroz sob diferentes manejos de água.



Fonte: O autor.

Os valores encontrados neste estudo são similares aos encontrados por (STRECK et al. 2019), estes estudaram o desempenho agrônômico de cultivares de arroz em sistema de irrigação por aspersão e inundação e analisaram diferentes cultivares, obtiveram os valores de produtividade máxima  $9494 \text{ kg ha}^{-1}$  no sistema por inundação e  $6021 \text{ kg ha}^{-1}$  no sistema por aspersão, no entanto estes valores demonstraram que a cultivar BRS Pampa, que por mais tenha alcançado o maior nível de produção de grãos entre as cultivares analisadas, demonstrou ser altamente influenciada pela restrição hídrica. O autor enfatiza que a cultivar BRS Pampa destaca-se na irrigação por aspersão, no entanto, o arroz apresenta uma ampla variedade genética, podendo assim, surgir genótipos amplamente adaptados e com maior eficiência para o sistema de irrigação por aspersão.

(PINTO, 2015) avaliou a produtividade de grãos, em aspersão com diferentes tensões no solo, obteve a maior produção de grãos na cultivar BRS Pampa, com a tensão no solo de 10 kPa e concluiu que, essa tensão é o valor adequado para o manejo da irrigação por aspersão na cultura do arroz para esta variedade, sobretudo no período reprodutivo.

Estes valores podem ser correlacionados aos encontrados por (DALLA PORTA, 2020), que conduziu experimento com as cultivares IRGA 409, IRGA 424, IRGA 428 e Puitá INTA CL, sob sistema de irrigação por aspersão (0, 50, 100, 150 e 200% da ETc) no município de Itaqui – RS, enfatizou que todas as cultivares variaram de  $932$  a  $12125 \text{ kg ha}^{-1}$  da lâmina com reposição de 50 a 150% da ETc, respectivamente. O autor retrata também, que a cultivar IRGA 424 variou de  $3977,40 \text{ kg ha}^{-1}$  na lâmina com reposição de 100% a  $112042 \text{ kg ha}^{-1}$  para a lâmina de 200% da ETc. Em ambos os estudos, as produtividades obtidas são similares a média de produtividade de arroz inundado no Rio Grande do Sul, onde resultou em  $8402 \text{ kg ha}^{-1}$  na safra de 2019/20 (IRGA, 2020). Estas análises corroboram com (CUSCIOL et al. 2003), que observou aumentos lineares da produtividade de grãos na cultura do arroz em função do aumento da disponibilidade hídrica.

Neste estudo a tensão no solo de 0 kPa, manteve o solo saturado durante toda a condução da cultura, não resultou na maior produção de grãos, acarretando redução de 43% na produtividade comparado ao sistema por inundação. (MCCAULEY,1990) também relatou reduções médias de produtividade acima de 20% no sistema por aspersão.

A irrigação por aspersão com o uso do pivô linear em arroz irrigado pode diminuir o uso de água, mas ocasiona aumento dos dias até a floração e redução na estatura de plantas e produtividade de grãos. Estes resultados reforçam a importância do manejo adequado da irrigação baseado na tensão ideal de água no solo, com reflexos diretos sobre a produtividade do arroz irrigado por aspersão (STRECK et al.(2019); PINTO (2015)).

#### 4.5 Índice de Colheita

A água influenciou no parâmetro índice de colheita (IC), pois os valores obtidos foram 0,61 no tratamento por inundação e 0,65 no tratamento com tensão de 0 kPa, sendo a média de 0,63 entre os tratamentos, ou seja, 63% da matéria seca é proveniente dos grãos. Estes valores corroboram com (MEUS, 2017), encontrou o valor de IC 0,56 para a lâmina com maior reposição de 200% da ETc, em arroz irrigado por aspersão.

Os valores encontrados neste estudo são superiores aos de Kato et al. (2009), que encontraram valor de 0,48 estudando arroz irrigado por aspersão no Japão, e maiores que os obtidos por Bueno et al. (2009), que encontraram o valor de IC correspondente a 0,56 em sistema inundado. Kato et al. (2014) afirmam que a retirada da lâmina de água do solo não interfere no índice de colheita.

A irrigação por aspersão é uma alternativa para viabilizar o uso dos recursos hídricos, sendo capaz de administrar e reduzir a quantidade de água empregue na irrigação na cultura do arroz, contudo, recomenda-se que haja pesquisas com diferentes lâminas de irrigação, testadas em diferentes cultivares, durante o estágio vegetativo e principalmente no reprodutivo, período em qual a planta mais necessita de água para a produção.

#### 4.6 Produtividade da Água

A variável produtividade água  $\text{kg m}^{-3}$  (WP) obteve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos de irrigação. A ANOVA para este parâmetro pode ser analisado na tabela 5.

Tabela 5 - Análise de variância para a produtividade água  $\text{kg m}^{-3}$  da cultura do arroz.

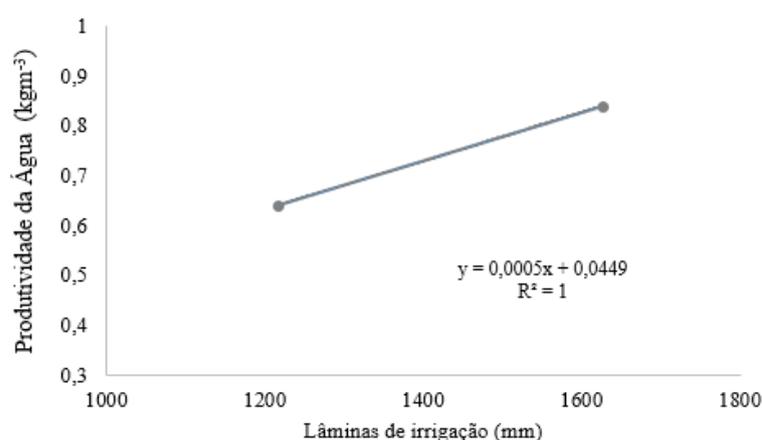
| FV          | GL     | SQ     | QM                    | Fc     | Pr> Fc |
|-------------|--------|--------|-----------------------|--------|--------|
| Lâminas     | 1      | 0,3738 | 0,3738                | 170,42 | 0,0000 |
| Repetição   | 19     | 0,4810 | 0,0253                | 11,542 | 0,0000 |
| erro        | 19     | 0,0416 | 0,0021                |        |        |
| Total       | 39     | 0,8965 |                       |        |        |
| CV (%)      | 6,34   |        |                       |        |        |
| Média geral | 0,7391 |        | Número de observações | 40     |        |

Na figura 9, observa-se que a produtividade da água apresentou comportamento linear crescente de acordo com o incremento da irrigação, com isso, o maior valor encontrado de 0,84

$\text{kg m}^{-3}$  foi no tratamento com inundação contínua com 1626 mm de irrigação, correspondendo ainda com a maior produção de grãos obtida neste estudo. O tratamento em solo saturado resultou em  $0,64 \text{ kg m}^{-3}$ , com 1217 mm utilizados na irrigação.

Os resultados obtidos neste estudo corroboram com (MEUS, 2017), que encontrou os valores de  $0,64 \text{ kg m}^{-3}$  no tratamento com reposição de lâmina de 50% da ETc e  $2,992 \text{ kg m}^{-3}$  no tratamento com 100% da ETc, no ano agrícola 2010/11. Já no ano agrícola 2016/17, o autor encontrou valores de  $3,389 \text{ kg m}^{-3}$  correspondente a reposição de lâmina de 200% da ETc.

Figura 9 - Influência do manejo de água aplicado sobre a produtividade da água  $\text{m}^{-3}$  para a cultura do arroz.



Fonte: O autor.

(ARAMBURU et al. 2022) conduziram experimento com arroz irrigado por aspersão e superfície no município de Santa Maria – RS, no ano agrícola 2019/20 e avaliaram as cultivares IRGA 424 RI e IRGA 431 CL, onde encontraram o valor máximo de  $1,9 \text{ kg m}^{-3}$  no sistema por irrigação intermitente, seguido de  $1,8 \text{ kg m}^{-3}$  para o sistema em aspersão e  $1,5 \text{ kg m}^{-3}$  no sistema por irrigação contínua. Os autores observaram que a cultivar IRGA 431 CL teve aumento de 16% na produtividade da água comparado a cultivar IRGA 424 RI, com isso, os autores afirmam que, a cultivar IRGA 431 CL utiliza uma quantidade menor de água na irrigação, para a produção de grãos, resultando em um maior aproveitamento da água, conseqüentemente, alcançando um nível de produtividade da água mais satisfatório, quando comparado a cultivar IRGA 424 RI.

Os valores encontrados neste estudo para a cultivar IRGA 424 RI, são inferiores aos valores obtidos por (SARTORI et al. 2013), que encontraram o valor médio de  $1,84 \text{ kg m}^{-3}$  para a cultivar IRGA 424. (PETRINI et al. 2012) obteve os valores de  $1,05 \text{ kg m}^{-3}$  em ambiente saturado,  $1,04 \text{ kg m}^{-3}$  no sistema convencional e  $1,39 \text{ kg m}^{-3}$  no sistema intermitente. Estes

valores diferem dos encontrados por (PINEDA et al. 2016) que encontraram o valor de 3,71 kg m<sup>-3</sup> no sistema de irrigação convencional.

(CARRACELAS et al.2019), obteve o valor máximo de 1,77 kg m<sup>-3</sup> no manejo de irrigação intermitente e ainda destaca, para que sejam elevados os valores de produtividade da água ou mantidas a produção de grãos no arroz, o arroz não pode ter a sua umidade abaixo da saturação do solo, durante o ciclo, onde com a redução excessiva da umidade do solo, perde-se e reduz a produtividade da água.

#### 4.7 Rendimento econômico na produção de grãos

Na tabela 6 está apresentado, a receita proveniente do arroz inundado e o arroz irrigado por pivô central. Nota-se que a produção de arroz no período analisado, no sistema inundado correspondeu a produtividade máxima de 13590,1 kg ha<sup>-1</sup> com o volume de água aplicado de 16260 m<sup>3</sup>. No sistema em solo saturado a produtividade alcançada foi de 7823,76 kg ha<sup>-1</sup>, com o volume de água aplicado em 12178 m<sup>3</sup>. O preço recebido pelo produtor, no mês de julho de 2022 foi de R\$ 75,41 (saca/50 Kg).

Tabela 6 - Receita total na implantação de arroz em diferentes manejos de água.

| <b>Composição da Receita</b>  | <b>Sistema Inundado</b> | <b>Sistema solo saturado<br/>0 kPa</b> |
|---|-------------------------|--|
| Preço do arroz (R\$/ sacco 50 kg)                                     | 75,41                   | 75,41                                  |
| Produtividade – sacos/ha <sup>-1</sup>                                | 271,80                  | 156,47                                 |
| Preço do arroz*produtividade kg ha <sup>-1</sup>                      | 13590,1                 | 7823,7                                 |
| Custo da lâmina de irrigação R\$ mm.ha <sup>-1</sup> (água + energia) | 122,38                  | 7,57                                   |
| Custos fixos do sistema   | 674,57                  | 1557,84                                |
| Rendimento de lâmina aplicado (R\$. ha <sup>-1</sup> )                | 587,53                  | 605,01                                 |
| Receita de aplicação do custo da irrigação R\$ mm.ha <sup>-1</sup>    | 18549,7                 | 10358,44                               |

Fonte: O autor.

Com a tabela nota-se que o tratamento de irrigação por inundação obteve maior produção de grãos, porém ocasionou no maior custo de aplicação na lâmina de irrigação.

(PORTUGAL et al. 2015) analisaram a economia do cultivo do arroz de terras altas irrigado e em sequeiro e obtiveram a produtividade grãos em 5.086 kg ha<sup>-1</sup> para o tratamento irrigado por aspersão, e 3.900 kg ha<sup>-1</sup> para o tratamento em sequeiro, a irrigação por aspersão auxiliou no aumento da produção de grãos em 30,41%, os autores consideraram o valor da saca

de arroz para os últimos cinco anos e a receita passaria de R\$ 2.280 para R\$ 2.974 com esse aumento da produtividade também proporcionou um acréscimo de 30,41% para o produtor.

Na pesquisa de (MANENTiet al. 2016), estudaram a gestão de custos na produção de arroz na safra 2014/2015, foi encontrado um custo variável de R\$ 3.581,98 por hectare, representando 82,91% dos gastos totais no sistema de pré-germinado.

O arroz irrigado por aspersão, para o estado do Rio Grande do Sul, com uma produtividade de 7.000 kg ha<sup>-1</sup> possui um custo de produção de R\$ 3.986,28 gerando o custo de R\$ 0,569 por quilograma de grão produzido. Já a produção utilizando o método irrigação por inundação é mais oneroso em R\$ 0,075 para produzir um quilo de arroz (PORTUGUAL et al. 2015).

O método de irrigação por pivô central resultou em um custo de R\$ 8191,26 reais a menos, quando comparado ao método de inundação, isto deve ao fator de não necessitar de sistematização do terreno e mão de obra para a criação de taipas. Entretanto, o tratamento com inundação contínua obteve maior produção de grãos, mesmo resultando em uma maior receita líquida. Dentro do exposto, recomenda-se ao produtor irrigante que tiver disponibilidade de irrigação por pivô central em sua propriedade, aplique no cultivo do arroz, pois será possível controlar a lâmina adequada em cada estágio da cultura, no que resulta em uma economia da energia e dos recursos hídricos disponíveis.

A partir deste estudo, viu-se a necessidade em submeter diferentes cultivares, em diferentes sistemas de irrigação, uma vez em que, a cultivar IRGA 424 RI, obteve a produção de grãos dentro da média considerada pelo Rio Grande do Sul. No entanto, tensões no solo muito altas não viabilizam a produção da cultura, visto que, a cultura do arroz tem potencial de desenvolvimento e produção, no sistema de irrigação por pivô central, ou seja, não é recomendável deixar que a cultura atinja a capacidade de campo, para não acarretar em perdas de produção.

## 5 CONCLUSÃO

Levando em consideração, o ambiente e as condições climáticas do ano agrícola 2020/21, de onde o experimento foi conduzido, é possível concluir:

- O aumento da tensão de água no solo afeta diretamente o desenvolvimento e a produção da cultura.
- A tensão de água no solo de 15 kPa não atende à demanda hídrica da cultura do arroz, sendo necessário, deixar o solo saturado durante todo o cultivo.
- A maior produtividade da água foi obtida pelo tratamento inundação contínua, pelo fato da cultivar IRGA 424 RI obtém boas produtividades em solo inundado, com isso, para obter altos valores de produtividade da água, a cultivar não pode estar com a umidade do solo abaixo da saturação.
- Aconselha-se para o produtor que possua o pivô central em sua propriedade, utilize a inserção do cultivo do arroz irrigado por pivô central, já que não necessita de sistematização da área para a produção, e é possível manejar mais de uma cultura.
- A irrigação por aspersão por pivô central é uma alternativa rentável para viabilizar o uso dos recursos hídricos, uma vez em que, é capaz de administrar e reduzir a quantidade de água empregue na irrigação, dentro disto, recomenda-se testar diferentes cultivares e submetê-las a diferentes tensões de água no solo, levando em consideração o  $K_c$  referente a cada estágio da cultura.

## 6 REFERÊNCIAS

- ALI, M.H.; HOQUE, M.R.; HASSAN, A.A.; KHAIR, A. Effects of deficit irrigation on yield, water productivity and economic returns of wheat. **Agricultural water management**, v.92, p.151-161, 2007. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2007.05.010>.
- ALI, M.H.; TALUKDER, M.S.U. Increasing water productivity in crop production - A synthesis. **Agricultural Water Management**, v. 95, p. 1201–1213, 2008.
- ALMEIDA, C. C. M. **Análise da produtividade física e económica da água. Aplicação do modelo SEDAM no perímetro de rega de Huinong, bacia do Rio Amarelo. 2008.** 92f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente – Gestão Ambiental), Instituto Superior de Agronomia – Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa. 2008.
- ALVAREZ, Rita de Cassia Felix; CRUSCIOL, Carlos Alexandre Costa; NASCENTE, Adriano Stephan. Análise de crescimento e produtividade de cultivares de arroz de terras altas dos tipos tradicional, intermediário e moderno. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, p. 397-406, 2012.
- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil. Informe 2014.** Brasília: ANA, 2015. 183 p.
- ARAMBURU, Bruno Behenck et al. Aspectos morfofisiológicos e produtivos de cultivares de arroz irrigadas por aspersão e superfície. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 17, n. 3, p. e1205-e1205, 2022.
- ARF, O.; RODRIGUES, R. A. F.; SÁ, M. E.; CRUSCIOL, C. A. C.; PEREIRA, J. C. R. Preparo do solo, irrigação por aspersão e rendimento de engenho do arroz de terras altas. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, n. 2, p. 321-326, 2002.
- BERNARDO, S.; MANTOVANI, E. C.; SILVA, D. D.; SOARES, A. A. **Manual de Irrigação.** 9. ed. Viçosa: Editora UFV, 2019.
- BLUEMLING, B., YANG, H and PAHL-WOSTL, C., 2007. Making water productivity operational – a concept to agricultural water productivity exemplified at a wheat-maize cropping pattern in the North China plain. **Agricultural Water Management**, vol. 91, no. 1-3, pp. 11-23. DOI:10.1016/J.AGWAT.2007.03.001.
- BOLDRINI, I. I.; LONGHI-WAGNER, H. M.; BOECHAT, S. C. Morfologia e taxonomia de gramíneas sul rio-grandenses. Porto Alegre: UFRGS, 2005. 96 p.
- BOUMAN, B.A.M.; LAMPAYAN, R.M.; TUONG, T.P. **Water management in irrigated rice: coping with water scarcity.** IRRI – Int. Rice Res. Inst, 2007.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Projeções do Agronegócio: Brasil 2018/19 a 2028/29 projeções de longo prazo / **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.** Secretaria de Política Agrícola. – Brasília : MAPA/ACE, 2019. 126 p.
- BUSS, Gerson Lübke. **BusEmissões de metano e óxido nitroso em sistemas de cultivo em terras baixas sob diferentes manejos de água, do solo e da cobertura vegetal /Gerson Lübke Buss ; Rogério Oliveira de Sousa, orientador ; Walkyria Bueno Scivittaro, coorientadora.**

— Pelotas, 2016. 122 f. BusTese (Doutorado) — Programa de PósGraduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2016.

CARLESSO, Reimar et al. Índice de área foliar e altura de plantas de arroz submetidas a diferentes práticas de manejo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 2, p. 268-272, 1998.

CASTRO Júnior, W. L., Oliveira, R. A., Silveira, S. F. R., & Andrade Junior, A. S. (2015). Viabilidade econômica de tecnologias de manejo da irrigação na produção do feijão-caupi, na região dos Cocais-MA. **Revista Engenharia Agrícola**, 35, 406-418.

CONAB. **Boletim da safra de Grãos. Safra 2018/19**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em 19 janeiro de 2022.

CONCEIÇÃO, Chaiane Guerra da. **ANÁLISE DO CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE ECONÔMICA DO FEIJOEIRO IRRIGADO NA REGIÃO DE ALEGRETE, RS. 2016**. 70 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós- Graduação em Engenharia Agrícola, 2016.

CONCENÇO, G.; BATALHA, B. R.; LARUE, J. L.; GALON, L.; TIRONI, S. P.; MANTOVANI, E. C.; ROLFES, C. R.; SILVA, A. A. Eficiência do uso da água na produção de arroz sob irrigação mecanizada ou inundação. In: **Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 6**, Anais, Porto Alegre, RS. 2009.

CORREIRA, K. G.; NOGUEIRA, R. J.M. C. **Avaliação do crescimento do amendoim (*Arachis hypogaea* L.) submetido a déficit hídrico**. Revista de Biologia e Ciência da Terra, v.4, n.2, 2004.

CUNHA, G. R. da; SANTI, A.; PASINATO, A.; DALMAGO, G. A.; PIRES, J. L. F.; GOUVEA, J. A. de. Gestão da produtividade da água em agricultura: o desafio de elevar o rendimento dos cultivos em ambientes com restrição hídrica. Embrapa Trigo. Artigo de periódico. **Revista Plantio Direto** – v. 144, p. 27 -31, 2014.

DALLA PORTA, Felipe Schmidt et al. **Produtividade da água de arroz de terras baixas irrigado por aspersão**. 2020.

DE MARCO, Edenara, et al. "Influência do manejo da água sobre o desempenho produtivo do arroz irrigado." In: **CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 21.; MOSTRA CIENTÍFICA, 4.**, 2012, Pelotas.[Anais.]. Pelotas: UFPel, 2012. 1 CD-ROM., 2012.

DUTRA, Alexandre Dias. **Adubação nitrogenada via fertirrigação em arroz irrigado por aspersão Alexandre Dias Dutra Pelotas.** Orientador: Luís Carlos Timm. 2016. 145 p. Tese (Doutorado em Ciências) - Programa de Pós- Graduação em Manejo e Conservação do Solo e da Água da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2016.

EMBRAPA – **EMBRAPA CLIMA TEMPERADO**: Laboratório de Agrometeorologia. Disponível em: <http://www.cpact.embrapa.br/agromet/>. Acesso em: 05 Jan. 2022.

ESTADÃO – **Estadão Conteúdo**: Safra 2021 foi de 253,2 milhões de toneladas, queda de 0,4% antes 2020, diz IBGE. <Safra 2021 foi de 253,2 milhões de toneladas, queda de 0,4% ante 2020, diz IBGE - ISTOÉ DINHEIRO ([istoedinheiro.com.br](http://istoedinheiro.com.br))> . Acesso em: 11 Mar 2022.

FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics Division. Agricultural production [Database]. **FAO**, Rome, Italy. Available in: < <http://faostat.fao.org/home/>>. Acesso em: 10 Fevereiro de 2022.

FARIA, L. C.; COLOMBO, A.; OLIVEIRA, H. F.nR.; PRADO, G. Simulação da uniformidade da irrigação de sistemas convencionais de aspersão operando sob diferentes condições de vento. **Engenharia Agrícola**, v.29, n.1, p.19-27, 2009.

FERREIRA, A. M. F.; PARIZI, A. R. C.; DOS SANTOS GOMES, A. C.; CHUQUEL, M. D. L. ; SEGABINAZZI, E. M. ; SARTURI PONTE, V. H. DESEMPENHO PRODUTIVO E RETORNO ECONÔMICO DO MILHO IRRIGADO POR ASPERSÃO. **IRRIGA**, [S. l.], v. 1, n. 2, p. 381–396, 2021. DOI: 10.15809/irriga.2021v1n2p381-396. Disponível em: <https://revistas.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/4144>. Acesso em: 18 fev. 2022.

FRIZZONE, J. A.; REZENDE, R.; FREITAS, P. S. L. **Irrigação por aspersão. 1. ed.** Maringá: Eduem, 2011. v. 1. 271 p.

GALLI, J. Origem, distribuição e domesticação do arroz. Lavoura Arrozeira. Porto Alegre, **IRGA**, v. 31, n 306, p.63-8, mai/jun. 1978.

GARCIA Y GARCIA, Axel. **Modelos para área foliar, fitomassa e extração de nutrientes na cultura de arroz.** 2020. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

INSTITUTO RIO GRANDENSE DO ARROZ - IRGA 2020 - ARROZ RS - **ÁREA x PRODUTIVIDADE**. Disponível em: <https://irga.rs.gov.br> Acesso em 12 de fevereiro de 2022.

INSTITUTO RIO GRANDENSE DO ARROZ – IRGA. **Custos de produção.** Safra 2010/11. Disponível em: <https://irga.rs.gov.br>. Acesso em 12 de fevereiro de 2022.

KAHLLOWN M.A.; RAOOF A; ZUBAIR M; KEMPER W.D. Water use efficiency and economic feasibility of growing rice and wheat with sprinkler irrigation in the Indus Basin of Pakistan. **Agricultural Water Management**, v.87, p.292–298, 2007.

KATO, Y.; KATSURA, K. Rice Adaptation to Aerobic Soils: Physiological Considerations and Implications for Agronomy. **Plant Production Science**, v. 17, n.1, p.1-12, 2014.

KATO, Y., OKAMI, M.; KATSURA, K. Yield potential and water use efficiency of aerobic rice (*Oryza sativa* L.) in Japan. **Field Crops Research**. v. 113 n.3, p. 328-334, 2009.

LAMPAYAN, Rubenito M, Roderick M. Rejesus, Grant R. Singleton, Bas A.M. Bouman, Adoption and economics of alternate wetting and drying water management for irrigated lowland rice, **Field Crops Research**, Volume 170, 2015, Pages 95-108, ISSN 0378-4290, <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2014.10.013>. Acesso em fevereiro 2022.

LOPES, N. F. e LIMA, M. G. S., Nitrogênio e produtividade das culturas. In: \_\_\_\_ **Fisiologia da produção**. Viçosa: UFV, 2015. p. 251-284.

LANGE, Anderson et al. Doses de fosfatagem corretiva em arroz de terras altas em cultivo de primeiro ano. **Revista de Ciências Agroambientais**, v. 14, n. 1, 2016.

- LÓPEZ-MATA, E. et al. Effect of irrigation uniformity on the profitability of crops. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 98, p. 190-198, 2010.
- MAHAJAN, G., B.S. Chauhan, J. Timsina, P.P. Singh & K. Singh. 2012. Crop performance and water- and nitrogen-use efficiencies in dry-seeded rice in response to irrigation and fertilizer amounts in northwest India. **Field Crops Research**, 134: 59-70.
- MANENTI, Giovanni P.; MENEGALI, Manoel V.; SORATO, Kátia A. D. L. Gestão dos custos no plantio do arroz pré-germinado e em linha: um estudo de caso no município de Turvo - SC. **Saberes Contábeis**, v. 3, Curitiba: Multideia, 2016. 262 p.
- MARTIN, J. D.; CARLESSO, R.; AIRES, N. P.; GATTO, J. C.; DUBOU, V.; FRIES, H. M.; SCHEIBLER, R. B. IRRIGAÇÃO DEFICITÁRIA PARA AUMENTAR A PRODUTIVIDADE DA ÁGUA NA PRODUÇÃO DE SILAGEM DE MILHO. **IRRIGA**, [S. l.], v. 1, n. 01, p. 192–205, 2012. DOI: 10.15809/irriga.2012v1n01p192. Disponível em: <https://revistas.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/447>. Acesso em: 3 fev. 2022.
- MATTOS, Maria Laura Turino, et al. "Efeito de inoculante contendo *Azospirillum brasilense* na produtividade de cultivares de arroz irrigado por inundação." In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO**, 10., 2017, Gramado. Intensificação sustentável: anais. Gramado: Sosbai, 2017., 2017.
- MCCAULEY, G.N. Sprinkler vs. flood irrigation in traditional rice production regions of Southeast Texas. **Agronomy Journal**, v.82, n.4, p.677-683, 1990. <https://doi.org/10.2134/agronj1990.00021962008200040006x>.
- MELO, J. L. P.; SILVA, L. D. B. da. **Irrigação**. Apostila. Rio de Janeiro: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2007.
- MENEZES, Rogério Oliveira et al. Espaçamento na produção de arroz de terras altas irrigado no cerrado. In: **Colloquium Agrariae**. ISSN: 1809-8215. 2018. p. 151-155.
- MEUS, Lorenzo Dalcin et al. **Índice de colheita de arroz de terras baixas irrigado por aspersão**. 2017.
- MIURA, A. K.; IRIBARREM, P. C.; CHAVES, R. D.; CUNHA, H. N. da; PRANKE, L. V. Discriminação e delimitação das terras baixas no Estado do Rio Grande do Sul: Primeira aproximação. **Embrapa Clima Temperado Comunicado Técnico 313** (INFOTECA-E), 2015.
- OLIVEIRA, A. E. S. et al. **Desenvolvimento do feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.) sob déficit hídrico cultivado em ambiente protegido**. Holos, ano 30, v.01, 2014.
- OSTI, Alice Medeiros et al. Rentabilidade do milho e do feijão submetido a diferentes lâminas de irrigação em Mato Grosso. **Revista de Economia e Sociologia Rural [online]**. 2019, v. 57, n. 4 [Acessado 12 Março 2022], pp. 505-518. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1806-9479.2019.186329>>. Epub 28 Nov 2019. ISSN 1806-9479. <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2019.186329>.

PARFITT, J. M. B.; SCIVITTARO, W. B.; CONCENÇO, G. Importância Econômica da Cultura. IN: SCIVITTARO W. B.; PARFITT, J. M. B. Arroz Irrigado por Aspersão no Rio Grande do Sul. Sistemas de Produção, 24. **Embrapa Clima Temperado Pelotas**, RS. 140p. 2017.

PEREIRA, J. A. Cultura do arroz no Brasil: subsídios para a sua história. Teresina: **Embrapa Meio-Norte**, 2002. 226 p.

PETRINI, José Alberto et al. Estratégias de irrigação para redução do uso da água em arroz irrigado. In: **Proceedings of the 8th Congresso Brasileiro do Arroz Irrigado. Porto Alegre. CD-ROM**. 2013.

PINEDA SUÁREZ, D. F.; SÁNCHEZ ROMÁN, R. M. CONSUMO DE ÁGUA EM ARROZ IRRIGADO POR INUNDAÇÃO EM SISTEMA DE MULTIPLAS ENTRADAS. **IRRIGA**, [S. l.], v. 1, n. 1, p. 78, 2018. DOI: 10.15809/irriga.2016v1n1p78-95. Disponível em: <https://irriga.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/1765>. Acesso em: 20 jul. 2022.

PINHEIRO, B. S. et al. Características morfofisiológicas da planta relacionadas à produtividade. **2a. ed. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão**, Santo Antônio de Goiás-GO, p. 209–256, 13 Ago., 2006.

PINTO, Marília Alves Brito. **Irrigação por aspersão em arroz em função da tensão de água no solo**. 2015. 68p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração: Solos. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2015.

PORTUGAL, J.R., Tarsiano, M.A.A., Peres, A.R., Arf, O., & Rodriguês, R.A.F. (2015). Análise econômica do cultivo do arroz de terras altas com e sem irrigação. **Revista Agrarian**, 8(27), 104-110.

RAMÃO, Cleiton José et al. Efeito do número de operações mecanizadas de nivelamento de solo sobre os componentes de rendimento e altura da lâmina de água na cultura do arroz irrigado. **Tecno-Lógica**, v. 23, n. 1, p. 14-21, 2019.

RESENDE, M.; FRANÇA, G. E.; COUTO, L. Cultivo do milho irrigado. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2000. 39p. (**Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica**, 6).

Ribas, GG, Zanon, AJ, et al. (2021). Assessing yield and economic impact of introducing soybean to the lowland rice system in southern Brazil. **Agricultural Systems**. 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.103036>.

SARAIVA, K.; SOUZA, F. Estatísticas sobre irrigação nas regiões Sul e Sudeste do Brasil segundo o censo agropecuário 2005-2006. **Irriga**, Botucatu, v. 17, n.2, p. 168-176, 2012.

SILVA, C.A.S.da & HECKLER, J.C. Efeito da irrigação, espaçamento e época de semeadura sobre o rendimento de duas cultivares de arroz de sequeiro. In: **RESULTADOS DE PESQUISA COM A CULTURA DO ARROZ EM 1979/80**. Dourados-MS, EMBRAPA-UEPAE, 1980.p. 29-46.

SILVA, Thieres George Freire et al. Indicadores de eficiência do uso da água e de nutrientes de clones de palma forrageira em condições de sequeiro no Semiárido brasileiro. **Bragantia [online]**. 2014, v. 73, n. 2 [Acessado 18 Fevereiro 2022] , pp. 184-191. Disponível em:

<<https://doi.org/10.1590/brag.2014.017>>. Epub 03 Jun 2014. ISSN 1678-4499.  
<https://doi.org/10.1590/brag.2014.017>.

SILVEIRA, J. M. C.; JÚNIOR, S. de L.; SAKAI, E.; MATSURA, E. E.; PIRES, R. C. de M.; ROCHA, A. M. Identificação de áreas irrigadas por pivô central na sub-bacia tambaú-verde utilizando imagens ccd/cbers. **Irriga**, Botucatu, v. 18, n. 4, p. 721-729, 2013.

SOSBAI. SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO. **Recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2018.

SOSBAI. Sociedade Sul -Brasileira de Arroz Irrigado . Reunião Técnica da Cultura do Arroz Irrigado (30:2014: Santa Maria, RS). Arroz irrigado: **recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil/Sociedade Sul Brasileira de arroz irrigado**. Santa Maria, RS: SOSBAI, 2014. 189p.

SOSBAI. SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO. **Recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2012.

SOUZA, Pablo Mazzuco. **POTENCIAL DE PRODUTIVIDADE E PRODUTIVIDADE EXPLORÁVEL NAS LAVOURAS DE ARROZ IRRIGADO NO SUL DO BRASIL**. Orientador: Prof. Dr. Alencar Junior Zanon. 2021. 52 p. Dissertação (Mestre em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2021.

STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A.; SILVEIRA, P. M. **Cultivo do arroz em terras altas no Estado do Mato Grosso**. Sistema de Produção 7, Embrapa Arroz e Feijão, Setembro de 2006.

STRECK, Eduardo Anibele et al. Desempenho agrônômico de cultivares de arroz sob sistema de irrigação por aspersão e inundação. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 14, n. 3, p. 1-7, 2019.

TANAKA, A. **Plant characters related to nitrogen response in rice**. In: **Internacional Rice Research Institute (Los Baños, Filipinas). The mineral nutrition of the rice plant**. Baltimore, 1964.p.419-449.

TURCO, J. E. P.; PIZZATTI, G. S.; PAVANI, L. C. Custo de energia elétrica em cultura do feijoeiro irrigado por pivô central, afetado pelo manejo da irrigação e sistemas de cultivo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 29, n. 2, p. 311-320, 2009.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **EUA**, Abril 2019. Disponível em: <https://www.ers.usda.gov/publications/pub-details/?pubid=92852>. Acesso em 18 Fev., 2022.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **EUA**, Fevereiro 2022. Disponível em: [www.canalrural.com.br/radar](http://www.canalrural.com.br/radar). Acesso em 18 fevereiro de 2022.

VASCONSELLOS, J.C. O arroz. Lisboa: **Ministério da Economia de Portugal**, 1963. 307p.

VORIES, E. D.; STEVENS, W. E. TACKER, P. L.; GRIFFIN, T. W.; COUNCE, P. A. Westcott MP, Vines KW (1986) A comparison of sprinkler and flood irrigation for rice. Rice production with center pivot irrigation. **Applied Engineering in Agriculture**, v.29, n.1, p.51-60, 2013.

YAMASHITA, Alexandre. **Doses e épocas de aplicação de etil-trinexapac em arroz de terras altas irrigado por aspersão**. Ilha Solteira, 2013 51f. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Especialidade: Sistemas de Produção, 2013.