

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA EM CACHOEIRA DO SUL
CURSO SUPERIOR DE BACHARELADO EM AGRONOMIA**

GIOVANE RODRIGO FRIEDRICH NEU

**DESEMPENHO DE ARROZ IRRIGADO (*Oryza Sativa* L.) E SOJA (*Glycine max*) EM
FUNÇÃO DO MANEJO PÓS-COLHEITA EM TERRAS BAIXAS**

**Cachoeira do Sul, RS
2020**

GIOVANE RODRIGO FRIEDRICH NEU

**DESEMPENHO DE ARROZ IRRIGADO (*Oryza Sativa* L.) E SOJA (*Glycine max*) EM
FUNÇÃO DO MANEJO PÓS-COLHEITA EM TERRAS BAIXAS**

Monografia apresentada como requisito parcial
para obtenção do título de Engenheiro
Agrônomo pela Universidade Estadual do Rio
Grande do Sul.

Orientador: Dr. Benjamin Dias Osorio Filho.

Co-orientadora: Dr^a. Mara Grohs.

**Cachoeira do Sul, RS
2020**

GIOVANE RODRIGO FRIEDRICH NEU

**DESEMPENHO DE ARROZ IRRIGADO (*Oryza Sativa* L.) E SOJA (*Glycine max*) EM
FUNÇÃO DO MANEJO PÓS-COLHEITA EM TERRAS BAIXAS**

Monografia apresentada como requisito parcial
para obtenção do título de Engenheiro
Agrônomo pela Universidade Estadual do Rio
Grande do Sul.

Orientador: Dr. Benjamin Dias Osorio Filho.

Co-orientadora: Dr^a. Mara Grohs.

Aprovada em: / /

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Benjamin Dias Osorio Filho
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS

Co-orientadora Dr^a Mara Grohs
Instituto Rio Grandese do Arroz – IRGA

Prof^a. Dr^a. Marta Sandra Drescher
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS

**Cachoeira do Sul, RS
2020**

DEDICO

Aos meus pais e irmãos pelo apoio incondicional durante toda esta trajetória, tornando este sonho possível de ser realizado.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, que sempre guiou meus passos pelos melhores caminhos, realimentando diariamente a minha Fé, fazendo com que eu concluísse esta jornada com êxito.

Aos meus pais Ivo Sildo Neu e Dorali Evane Friedrich, que apesar de todas as dificuldades não mediram esforços para me apoiar. Esta conquista é graças a vocês.

A minha irmã Carine, por sempre entender as minhas necessidades e me ajudar no que fosse possível. Obrigado por ser, a minha conselheira.

Aos meus irmãos Wilian e Ellen, por sempre acreditarem em mim, me motivando a seguir em frente independentemente da situação.

Aos meus primos Jairo Müller, Elia Müller, Diego Müller, Bianca Camargo, Jéssica Müller, Caciano Faccin, Edeimar Fenner, Cleti Fenner, Daniel Fenner, e Jussara Fenner, por serem o ponto inicial desta história, pois a minha paixão pela agricultura começou na propriedade de vocês, muito obrigado.

À minha segunda família: Carlos Schlesner, Andréa Schlesner, Carol Schlesner, Eduardo Schlesner, Johann Schlesner, Arthur Kich Buhse, Nicolás Hentschke, Lucas Silva e Vitor Kelling, que mesmo à distância, sempre torceram por mim e me apoiaram. Vocês estiveram ao meu lado nos momentos que mais precisei e esta conquista também é para vocês!

À família que a EMATER de Agudo me proporcionou: Diego Katzer, Daniel Santos, Cláudia Bernardini, Andrieli Vanzim, Luiz Eugênio Jacobs, Lisiane Lobler, Fábio Forgiarini e Inez Simon, que me acolheram de braços abertos e me capacitaram para o futuro. Acreditaram no meu potencial e sabiam que este dia poderia se tornar realidade, bastava eu acreditar.

Ao meu orientador Benjamin Dias Osorio Filho, que além de professor, se tornou um grande amigo que levarei para a vida toda. Você me inspirou a sonhar em ser professor! Obrigado por fazer parte desta história, esta conquista também é para você.

À minha co-orientadora Mara Grohs, pela amizade, dedicação e paciência que teve comido durante este trabalho. Obrigado por todos os ensinamentos e principalmente pela oportunidade em poder trabalhar ao seu lado. Você me inspirou a ter essa paixão pela pesquisa! Esta conquista também é para você.

Ao meu professor e grande amigo Alberto Eduardo Knies, que desde o 1º semestre da graduação acreditou em mim, me incentivando a melhorar a cada dia. Esta conquista também é para você.

Aos professores Luid Eric e José Schmitz, que ao longo da graduação se tornaram meus grandes amigos e incentivadores do meu trabalho. Esta conquista também é para vocês.

Ao chefe da unidade José Ademir, carinhosamente chamado de Toco, por toda sua cordialidade para com os discentes, resolvendo as nossas solicitações com excelência.

Aos demais mestres que contribuíram com minha formação.

Ao colega de trabalho e amigo, Pedro Trevisan Hamann, que oportunizou essa experiência de fazer parte do Instituto Rio Grandense do Arroz, transmitindo diariamente seus conhecimentos.

Ao colega de trabalho e graduação, Rodrigo de Moura Silveira, por todo conhecimento compartilhado durante este período de convivência.

Aos demais colegas da UERGS e IRGA que fizeram parte desta história e com os quais compartilhei momentos maravilhosos. Vocês foram essenciais.

Ao meu amigo e colega de graduação, Samuel Steil, que esteve ao meu lado durante toda a graduação, dividindo suas experiências e construindo novas. Você foi essencial!

A colega Caren Alessandra da Rosa, por me incentivar desde o início da graduação e contribuir com meu progresso profissional e pessoal.

A todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a realização deste sonho. Grato.

Acreditar é a força que nos permite subir os maiores degraus na escada da vida.

RESUMO

O Brasil ocupa o nono lugar na produção de arroz (*Oryza Sativa* L.) no mundo, sendo que o estado do RS é responsável por 70 % da produção nacional, além de apresentar a maior média de produtividade entre os estados produtores. Com o aumento da produção de grãos/ha, ocorre o acréscimo da produção de palha da cultura, a qual apresenta alta relação C/N. Isso acontece em um período do ano com condições desfavoráveis a decomposição microbiana, promovendo dificuldades em eliminá-la rapidamente a fim de possibilitar a semeadura da próxima safra dentro do período recomendado. Diferentes manejos pós-colheita são adotados a fim de acelerar o processo de decomposição, promovendo efeitos diretos sobre os atributos físicos, químicos e biológicos do solo. Nesta perspectiva, o objetivo do trabalho foi avaliar a eficiência técnica e econômica de diferentes formas de manejo, adotados individualmente, nos restos culturais do arroz irrigado a fim de viabilizar a implantação em sucessão do cereal e também da soja (*Glycine max*) em terras baixas. O estudo foi conduzido na Estação Regional de Pesquisa do IRGA com um experimento de blocos ao acaso com quatro repetições com os seguintes tratamentos: (T1) palha dessecada; (T2) rolo-faca sem água; (T3) palha roçada; (T4) confecção de rolos de feno com enfardadeira; (T5) preparo antecipado; (T6) sistema convencional e (T7) dessecação da palhada com posterior semeadura de trevo persa. Com relação à produtividade de grãos de arroz irrigado, os tratamentos com o sistema convencional e a palha roçada proporcionaram incrementos significativos. Todavia, quando comparamos a rentabilidade entre estes dois tratamentos, o primeiro apresentou 56,48 %, enquanto o segundo 81,03 %, ou seja, o sistema de plantio direto sobre a palha roçada, embora tenha atingido produtividade semelhante ainda é 25 % mais rentável que o manejo convencional. Para a produtividade de grãos de soja não houve diferença significativa entre os tratamentos. A maior rentabilidade considerando a produtividade e os custos de produção de cada cultura ocorreram no tratamento da palha dessecada com 114,69 % e 52, 25 % para arroz irrigado e soja, respectivamente.

Palavras-chave: Entressafra; Decomposição; Microbiologia.

ABSTRACT

Brazil occupies the ninth place in the production of rice (*Oryza Sativa* L.) in the world, and the state of RS is responsible for 70% of the national production, in addition to presenting the highest average productivity among the producing states. With the increase in grain production/ha, there is an increase in the production of crop straw, which is characterized by a low quality (high C/N ratio) in a period of the year with unfavorable conditions for microbial decomposition, promoting difficulties to eliminate it quickly in order to make it possible to sow the next crop within the recommended period. Different post-harvest managements are adopted in order to accelerate the decomposition process, promoting direct effects on the physical, chemical and biological attributes of the soil. In this perspective, the objective of the work was to evaluate the technical and economic efficiency of different forms of management, adopted individually, in the cultural remains of the irrigated rice in order to make possible the implantation in succession of the cereal and also of the soybean (*Glycine max*) in low lands. The study was conducted at the IRGA Regional Research Station with the following treatments: (T1) dried straw; (T2) knife roller without water; (T3) mowing straw; (T4) making hay rolls with balers; (T5) advance preparation; (T6) conventional system and (T7) desiccation of straw with subsequent sowing of Persian Clover. Regarding the productivity of irrigated rice grains the treatment that adopted the conventional system and the mowed straw differed significantly. However, when comparing the profitability between these two systems, the first presented 56.48%, while the second 81.03%, that is, the no-till system, although it has achieved similar productivity is still 25% more profitable than the management conventional. For the productivity of soybeans, there was no significant difference between treatments. The highest profitability considering the productivity and production costs of each crop occurred in the treatment of desiccated straw with 114.69% and 52.25% for irrigated rice and soy, respectively.

Keywords: Off-season; Decomposition; Microbiology.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Croqui da área experimental onde foram desenvolvidas as atividades descritas neste documento	25
Figura 2 a; b e c – Preparação dos mesh bags em laboratório e pesagem da matéria seca para posterior avaliação da MSR em função do manejo pós-colheita.....	27
Figura 3 a; b e c – Distribuição de quatro mesh bags em cada bloco do experimento, acompanhando o manejo da palha realizado com cada tratamento.....	28
Figura 4 a; b; c; d; e – Coleta de um mesh bag por bloco, no respectivo intervalo de tempo, nos diferentes manejos adotados na palha do arroz.....	28
Figura 5 a e b – Trator John Deere, realizando a semeadura do arroz e soja na área experimental.	29
Figura 6 - Contagem das plântulas de arroz e soja emergidas aos 10 dias após a semeadura.. ..	29
Figura 7 a e b - Determinação da resistência mecânica a penetração do solo na área onde posteriormente foi cultivado a cultura da soja.....	30
Figura 8 a e b – Colheita das parcelas de arroz irrigado, nos diferentes tratamentos utilizados neste experimento	31
Figura 9 a e b - Colheita das parcelas de soja, nos diferentes tratamentos utilizados neste experimento e posterior trilha.....	31
Figura 10 a; b; c; e d – Etapas executadas para determinação da qualidade do grão de arroz, através da análise de engenho, considerando uma amostra por tratamento	32
Figura 11 - Resistência mecânica a penetração, em função dos diferentes manejos pós-colheita realizados na palha de arroz antes da semeadura da soja	34
Figura 12 – Estande inicial de plantas de soja, em função dos diferentes manejos pós-colheita realizados na palha de arroz.....	36
Figura 13 – Estande inicial de plantas de arroz irrigado, em função dos diferentes manejos pós-colheita realizados na palha de arroz	36
Figura 14 - Produtividade de grãos de soja (kg ha^{-1}), em função dos diferentes manejos pós-colheita realizados na palha de arroz	37
Figura 15 - Produtividade de grãos de arroz irrigado (kg ha^{-1}), em função dos diferentes manejos pós-colheita realizados na palha de arroz.....	38
Figura 16 – Renda do benefício e grãos inteiros (%) de arroz irrigado, em função dos diferentes manejos pós-colheita realizados na palha de arroz.....	38

Figura 17 - Massa seca remanescente (%) da palha do arroz irrigado, em função do manejo pós-colheita empregado na entressafra.....41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Implementos, sistemas de cultivos e datas das intervenções nos manejos pós-colheita adotados no estudo.....	26
Tabela 2 – Umidade do solo no momento da avaliação da resistência a penetração com aparelho penetrômetro eletrônico.....	35
Tabela 3 – Rentabilidade da produção de arroz irrigado (kg ha^{-1}), em função dos diferentes manejos pós-colheita realizados na palha de arroz.....	39
Tabela 4 – Rentabilidade da produção de soja (kg ha^{-1}), em função dos diferentes manejos pós-colheita realizados na palha de arroz.....	39
Tabela 5 – Massa seca remanescente da palha do arroz (kg ha^{-1}) em função do manejo da palha do arroz durante a entressafra, no dia da semeadura da nova safra.....	40

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- EMBRAPA**.....Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.
IRGA.....Instituto Rio Grandense do Arroz.
FAO.....Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura.
EUA.....Estados Unidos da América.
MB.....Mesh Bags.
MSR.....Massa Seca Remanescente.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	OBJETIVOS	16
2.1	OBJETIVO GERAL.....	16
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
3.1	ARROZ IRRIGADO: IMPORTÂNCIA E DESAFIOS.....	17
3.2	ARROZ IRRIGADO: MANEJO PÓS-COLHEITA	19
3.3	PLANTAS DE COBERTURA PARA ROTAÇÃO COM ARROZ IRRIGADO	21
3.4	ROTAÇÃO DE CULTURAS: CULTIVO DE SOJA EM TERRAS BAIXAS.....	22
4	MATERIAL E MÉTODOS	24
4.1	VARIÁVEIS ANALISADAS	26
4.1.1	Taxa de decomposição da palha dos resíduos culturais	26
4.1.2	Custos operacionais de cada manejo	29
4.1.3	Aspectos agronômicos	29
4.1.3.1	<i>Número de plântulas estabelecidas (arroz e soja)</i>	29
4.1.4.2	<i>Resistência do solo à penetração (soja)</i>	30
4.1.4	Componentes do rendimento	30
4.1.4.1	<i>Rendimento de grãos em arroz</i>	30
4.1.4.2	<i>Rendimento de grãos em soja</i>	31
4.1.4.3	<i>Qualidade do grão (arroz)</i>	31
4.1.5	Rentabilidade dos sistemas de produção (arroz e soja)	32
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
6	CONCLUSÕES	43
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	44
	REFERÊNCIAS	45
	APÊNDICES	50

INTRODUÇÃO

O arroz é um dos alimentos com melhor balanceamento nutricional, fornecendo 20% da energia e 15% da proteína per capita necessária ao homem, e é uma cultura amplamente adaptável, podendo ser cultivada em diferentes condições de solo e clima. É a espécie que apresenta maior potencial para o combate à fome no mundo. Segundo dados do USDA (2017), disponibilizados pela CONAB, a produção mundial de arroz vem acompanhando o crescimento do consumo, mantendo reservas médias de 2010/11 a 2016/17 para as exportações e importação mundial, na ordem de 40,0 e 37,0 milhões de toneladas, respectivamente.

Entretanto, de acordo com a Embrapa (2015), tem-se observado que, a produção mundial aumenta aproximadamente 1,08% ao ano, enquanto a população cresce 1,32% e o consumo 1,18%. Isso faz com que os estoques mundiais iniciem o processo de se reduzirem e alcancem um nível mínimo considerado preocupante nos países importadores do produto.

Conforme os dados da Embrapa (2016), adaptados e modificados do acompanhamento de safras do Levantamento Sistemático Agrícola (LSPA), do Instituto Brasileiro de Geografia Estatística (IBGE), no ano agrícola de 2015, a produção total de arroz no Brasil foi 12,3 milhões de toneladas, colhidas em 2,1 milhões de hectares, com uma produtividade média de 5,7 toneladas por hectare.

Segundo Silva e Wander (2014), no Brasil, o arroz é cultivado em agricultura familiar e empresarial. A agricultura familiar reúne o maior número de produtores das propriedades que exercem a atividade orizícola, 89%, os quais são responsáveis por 34% do total da produção nacional. A maior parte da produção é obtida por agricultores não familiares ou empresariais, os quais representam 11% do total dos orizicultores que também tendem a adotar mais tecnologias e são responsáveis pelo equivalente a 66% da produção nacional.

De acordo com o IRGA (2020), cerca de 70% de toda a produção de arroz nacional está concentrada no estado do Rio Grande do Sul, sendo que a produtividade na safra 2019/20, chegou a patamares até então nunca alcançados, ultrapassando as 8,4 toneladas por hectare. Por outro lado, a baixa relação estoque/consumo durante o período de entressafra fez com que o mercado de vendas aquecesse e elevasse o valor da saca do arroz em casca. De acordo com matéria divulgada na revista PLANETA ARROZ (2020), a CEPEA registrou um novo recorde quando a saca de arroz de 50 kg fechou o mês de julho na casa dos R\$78,88, ultrapassando o recorde anterior registrado no ano de 2008 quando a comercialização foi feita por R\$71,59/sc.

Se não bastasse isso, a exportação no ano comercial do Brasil também já é recorde. De março a julho de 2020, o país exportou 1.098,6 mil toneladas de arroz, superando em 727,9 mil

toneladas o volume importado. Em comparação ao mesmo período no ano passado, houve um incremento de 97% no volume vendido (PLANETA ARROZ, 2020).

A produtividade de arroz no RS elevou-se em cerca de duas toneladas por hectare na última década. Este desempenho é de destaque no mundo e só foi possível através da utilização de um conjunto de práticas de manejos adequados. Dentre as principais práticas, ressalta-se o ajuste na época de semeadura da cultura, com o propósito de obter o máximo aproveitamento da insolação incidente durante o período de maior resposta da cultura a radiação solar (SOSBAI, 2018). No entanto, apesar do acréscimo na produtividade, é preciso pensar em novas alternativas de manejo que preencham a lacuna entre o que é produzido por hectare hoje e o que pode ser alcançado se atingirmos o teto produtivo das cultivares e híbridos disponíveis atualmente no mercado.

Observa-se estagnação do potencial produtivo da lavoura arrozeira, a qual pode ser atribuída, em parte, ao surgimento de novos casos de plantas daninhas resistentes aos herbicidas disponíveis, fato agravado pelo manejo incorreto da tecnologia Clearfield[®], como dosagens do herbicida de forma incorreta e atraso no início da irrigação. Outro fator que constitui em um obstáculo para o avanço da produtividade é o monocultivo de arroz associado a sistemas de manejo do solo que envolvam gradagens, o que não é benéfico do ponto de vista de construção de fertilidade do solo, mesmo com aportes altos de fertilizantes minerais ano após ano. Nesse sentido, a cadeia produtiva do arroz busca alternativas que aliem aumento de produtividade, diminuição de custos e sustentabilidade ambiental.

Uma alternativa viável seria a adoção de um sistema de cultivo similar ao plantio direto utilizado em terras altas, adotando-se como premissas básicas, o mínimo revolvimento do solo, associado à rotação e sucessão de culturas com alta produção de massa seca que vise a modificação de estoques de carbono e nitrogênio e com isso, a fertilidade do solo. Além disso, um sistema de cultivo que elimine as operações de preparo do solo reduziria o custo de produção da cultura do arroz, na ordem de 6%, aumentando a rentabilidade da atividade.

Nesse sentido, o presente trabalho pretende identificar o manejo pós-colheita da palha do arroz irrigado, que aumente a taxa de decomposição, visando a implantação do Plantio Direto, bem como avaliar as consequências relativas a fertilidade do solo, estabelecimento e produtividade de grãos da cultura do arroz e da soja, em relação ao sistema de cultivo convencional, além do retorno econômico da atividade.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a eficiência técnica e econômica de diferentes formas de manejo, adotados individualmente, nos restos culturais do arroz irrigado (*Oryza sativa* L.) afim de viabilizar a implantação em sucessão novamente do cereal e também da soja (*Glycine max*) em terras baixas.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Identificar a influência dos tratamentos aplicados na palhada do arroz sobre o estabelecimento e a produtividade das culturas de arroz e de soja implantadas no verão subsequente;
- b) Avaliar os atributos físicos e biológicos do solo em função da adoção de cada um dos manejos pós-colheita e as consequências no rendimento de grãos das duas culturas;
- c) Avaliar os custos operacionais da adoção de cada um dos manejos pós-colheita, indicando o método mais eficaz no ponto de vista econômico e produtivo.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 ARROZ IRRIGADO: IMPORTÂNCIA E DESAFIOS

O arroz, planta da classe monocotiledônea e espécie *Oryza sativa* L., é um dos cereais mais importantes para a alimentação humana, sendo superado apenas pelo trigo. Além disso, o arroz é um importante integrante do hábito alimentar dos brasileiros, que consomem cerca de 25 kg per capita por ano (BRASIL, 2015).

Na safra 2015/16, o Brasil produziu 10.602,9 mil toneladas de arroz, sendo o Rio Grande do Sul responsável por aproximadamente 70% desse montante. Isso contabiliza 8,07 milhões de toneladas, fato que caracteriza o estado como maior produtor desse cereal no país. A área semeada foi de 1,08 milhão de hectares, com produtividade de 7.466 kg ha⁻¹. Além das condições edafoclimáticas que propiciam altas produtividades, o Rio Grande do Sul possui logística estratégica que facilita a comercialização do produto (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2016), sendo este produzido em 129 municípios localizados na metade sul do Estado (SOSBAI, 2018).

No Rio Grande do Sul da década de 70 para os dias atuais, a produtividade média da lavoura de arroz passou de 4 ton ha⁻¹ para 7,9 ton ha⁻¹ (IRGA, 2019). Fatores relacionados a este incremento são o lançamento de cultivares semi-anãs, o sistema Clearfield^{®1} e programas de transferência de tecnologia como o CFC e o Projeto 10.

Com o aumento gradativo da produtividade, ocorre o acréscimo da produção de palha de arroz, promovendo dificuldades em eliminá-la rapidamente a fim de possibilitar a semeadura da próxima safra de arroz dentro do período recomendado (BIJAY-SINGH et al., 2008). A necessidade de uma rápida eliminação da mesma é decorrente da dificuldade do preparo do solo em um período chuvoso, característico da entressafra, associado à reduzida capacidade de perda de água do solo que acarreta em uma janela de semeadura favorável menor (LOUZADA; CAICEDO; HELTER, 2008). Além disso, a alta relação C/N da palha de arroz e o ambiente anaeróbio limitam a decomposição do grande volume do material produzido, pois há menor atividade de organismos decompositores neste ambiente (LOBO JUNIOR; SOUZA; SANTOS, 2004).

Assim, os produtores têm realizado a incorporação da palha logo após a colheita, algumas vezes com o solo seco e outras em condições de alagamento, ou deixado para preparar

¹ O sistema “Clearfield” de produção de arroz irrigado consiste no uso de cultivares de arroz portadoras de genes que conferem resistência aos herbicidas do grupo químico das imidazolinonas.

o solo mais próximo da semeadura da safra subsequente de arroz, neste caso, podendo atrasar a semeadura do cereal (MASSONI et al., 2013).

Os sistemas de cultivo utilizados no arroz irrigado diferenciam-se, basicamente, quanto à forma e à época de preparo do solo, aos métodos de semeadura e, ao manejo inicial da água de irrigação. Os principais sistemas são o convencional (realizado no período que antecede a nova semeadura entre a primavera e o verão com o revolvimento do solo), o cultivo mínimo ou preparo antecipado (realizado logo após a colheita do arroz, ainda no outono com a incorporação da palha no solo sendo a área deixada em pousio até a nova semeadura) o plantio direto (realizado sobre a palha do arroz sem que haja o revolvimento do solo, com uma dessecação programada para o controle das plantas espontâneas), o sistema pré-germinado (realizado com as sementes de arroz pré-germinadas, sendo estas semeadas a lanço já sobre a lâmina de água) e o sistema com transplante de mudas (realizado com as plantas previamente desenvolvidas em viveiros, sendo estas transplantadas manualmente para a lavoura) (SOSBAI, 2018). Independentemente do sistema de cultivo adotado, o manejo pós-colheita adequado da área é importante. Esta operação envolve a correção de rastros deixados durante a colheita e transporte de grãos colhidos da área.

Segundo dados do IRGA (2019), na safra 2018/19 no estado gaúcho predominou o cultivo mínimo com semeadura direta (60,6% da área), seguido dos sistemas convencional (24,9% da área), pré-germinado (12% da área) e plantio direto (2,5% da área). O cultivo mínimo é caracterizado pelo preparo antecipado do solo (no outono ou primavera) com a incorporação da resteva. Isto facilita a decomposição da palha e a utilização de máquinas para a readequação da área. Esta é uma das operações mais importantes da lavoura de arroz, pois viabiliza a semeadura na época preferencial de cultivo, fator muito importante para a obtenção de produtividade elevada (SANTOS et al., 2006; REUNIÃO TÉCNICA DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 2010).

O manejo de solo convencional tem sido responsabilizado pela estagnação da produtividade do arroz, não só no Brasil, mas nos principais países produtores de arroz do mundo (ERENTEIN et al.; 2007; RIJSBERNAN, 2006; OLK et al., 2009). A maioria dos pesquisadores tem atribuído a estagnação de produtividade, à baixa fertilidade dos solos de área de arroz irrigado, agravada pelo cultivo contínuo de arroz e a adoção do sistema convencional.

No cultivo de arroz de forma contínua, no sistema convencional, há entrada de grande quantidade de material orgânico no solo, que, poderia contribuir para a manutenção e/ou aumento dos estoques de carbono. Porém, as sucessivas gradagens acabam por aumentar a área superficial exposta do solo, o que acelera a degradação aeróbica da matéria orgânica (DEBUSK,

et al., 2001). Além disso, a qualidade do material que entra nesse sistema, que é rico em lignina, degrada-se lentamente em ambiente anaeróbico, e favorece a formação de compostos fenólicos, os quais ligam-se ao nitrogênio proveniente do solo, impedindo sua mineralização. Esse efeito ocorre basicamente no final do ciclo do arroz, período onde há grande demanda desse nutriente, restringindo a produtividade da cultura. Como sugestão para a correção do problema, o parcelamento das aplicações do nitrogênio e um manejo da palha do arroz que possibilita a decomposição aeróbica dos resíduos, sem incorporá-la, são soluções viáveis (OLK, et al., 2009).

Nesse contexto, surge a necessidade da implantação de um sistema de manejo de solo similar ao Plantio Direto, como alicerce para um novo conceito de produção de arroz no RS, mais sustentável do ponto de vista ambiental e econômico. Por esse motivo, o Sistema Plantio Direto é uma das principais estratégias para aumentar o potencial produtivo de solos de baixa produtividade.

3.2 ARROZ IRRIGADO: MANEJO PÓS-COLHEITA

Apesar dos benefícios do Plantio Direto, a área no estado do RS cultivada com esse sistema é de aproximadamente 2,5% (IRGA, 2019), pois esbarra na dificuldade da viabilização da lavoura, principalmente em função da grande quantidade de palha proveniente do arroz e a necessidade de mobilização do solo para corrigir os rastros do maquinário utilizado na colheita. Para que não haja esse revolvimento, o produtor deve viabilizar a “colheita no seco”, o que nem sempre é possível, em função das condições climáticas. Com isso, o desafio maior para a implantação desse sistema passa a ser o manejo pós-colheita adotado para reduzir a palha de arroz que permanece na superfície.

A quantidade de palha produzida pelo arroz tem uma relação direta com a produtividade da cultura. Isso significa que, produtividades de cinco toneladas por hectare de arroz produzirão uma menor quantidade de palha comparada às lavouras “de ponta”, que chegam a 12 ton ha⁻¹ (MATSUMURA, et al., 2005). Nesse cenário, a dificuldade em manejar essa quantidade de material, é potencializada. Segundo HIDALGO et al., (2009), quando há quantidades superiores a 800 kg ha⁻¹ de palha de arroz na superfície do solo no momento da semeadura do arroz, provavelmente haverá um prejuízo no estabelecimento da cultura, principalmente em função da dificuldade de emergência das plântulas.

Segundo BOTTA et al., (2015), o problema da palha é agravado em função da distribuição da mesma pela colhedora. Quando o produtor não utiliza nenhum mecanismo

espalhador há uma distribuição da palha do arroz bastante desuniforme. No trabalho realizado por BOTTA et al., (2015), a quantidade de palha no centro da colhedora sem espalhador ficou em torno de 21 ton ha⁻¹, enquanto que 285 centímetros a direita da plataforma, a quantidade de palha ficou em torno de 880 kg ha⁻¹. Ao utilizar o espalhador, os autores encontraram em torno de 15 toneladas ha⁻¹ em todos os pontos amostrados na plataforma. Esses dados evidenciam que além da qualidade da palha do arroz, o ambiente anaeróbico, a baixa temperatura, o manejo que o produtor adota nas operações de colheita e pós-colheita serão determinantes sobre a taxa de decomposição da palha.

Em função da baixa qualidade da palha de arroz e sua alta relação C/N associado a um ambiente anaeróbico, há uma limitação na decomposição do grande volume de palha produzido, (LOBO JUNIOR, et al., 2004). Nesse sentido, pode-se lançar mão de estratégias para estimular essa decomposição. Uma das alternativas é aumentar o contato da palha com o solo através de equipamentos como um rolo-faca ou um rolo compactador. Segundo BOTTA et al., (2015), ao associarmos o mecanismo espalhador da colhedora com a utilização de um rolo-faca ou roçada da palha, há uma redução de 30 vezes na quantidade de palha na superfície do solo, passando de 15 toneladas ha⁻¹ para 500 kg ha⁻¹, durante o período da entressafra. Essa quantidade residual de palha, segundo HIDALGO et al., (2009), não causa prejuízos para a nova safra de arroz irrigado.

Segundo OLK et al., (2009), o conteúdo de matéria orgânica no solo é reflexo de um equilíbrio a longo prazo entre as adições e perdas de material vegetal. Sendo assim, o teor de matéria orgânica é maior quando há grande produtividade de culturas anuais (WEIL, et al., 2004). Culturas que produzam grande quantidade de biomassa acima do solo, caso do arroz, terão uma contribuição maior para o conteúdo geral de matéria orgânica (MOTSCHENBACHER, et al., 2014). O período de tempo em que o estoque de carbono será armazenado no solo é controlado pela composição química da biomassa, que por sua vez, determina o potencial microbiano de quebra do substrato (DEBUSK, et al., 2001).

Além da composição do material e biomassa microbiana, a umidade do solo de áreas de arroz irrigado influencia diretamente na quantidade de O₂ disponível e, conseqüentemente, nos estoques de carbono e nitrogênio (OLK, et al., 2009). Quando consideramos o sistema área de arroz irrigado, onde há alternância de condições aeróbicas e anaeróbicas, a estimativa desses estoques fica ainda mais complexa.

As modificações no conteúdo de matéria orgânica, no entanto, são de difícil detecção em curto prazo. Porém, a quantificação da biomassa microbiana pode ser utilizada como um indicador biológico da qualidade do solo (GRISI et al., 1986; GAMA-RODRIGUES, 1999),

pois representa a fração ativa da matéria orgânica do mesmo. A biomassa microbiana é considerada a mais sensível às mudanças iniciais no conteúdo total de matéria orgânica do solo, podendo ser utilizada para indicar o seu nível de degradação, em função do sistema de manejo utilizado (POWLSON et al.; 1987; HUANG et al.; 2013).

Os dados de biomassa microbiana do solo, expressos pelo teor de carbono e de nitrogênio microbianos e a taxa de respiração do solo, podem fornecer índices que permitem avaliar a dinâmica da matéria orgânica do solo (GAMA-RODRIGUES et al.; 1999). O carbono da biomassa microbiana, apesar de ser influenciado pelo clima e adições de resíduos, é considerado um indicador de qualidade do solo, porque representa a fração ativa e biodegradável da matéria orgânica e reflete tendências de mudanças que estão ocorrendo na mesma, a médio e a longo prazo, nas frações de ciclagem mais lenta (FEIGL, et al., 1998).

Segundo MASSONI et al., (2013), além do efeito sobre a atividade microbiana, os manejos pós-colheita influenciam na dinâmica de nutrientes que estão contidos na palhada de arroz. O fósforo, por exemplo, após ser disponibilizado pela decomposição da palha, é rapidamente adsorvido pelo solo. Com plantas de cobertura que possibilitassem a ciclagem de nutrientes, esse sistema seria mais sustentável.

3.3 PLANTAS DE COBERTURA PARA ROTAÇÃO COM ARROZ IRRIGADO

Além do não revolvimento do solo, a presença de cobertura vegetal viva ou morta em proporções adequadas, é importante neste processo de transição da semeadura convencional para o Plantio Direto. Porém, a adição de maiores quantidades de resíduos em um ambiente que já possui uma grande quantidade de palha proveniente do arroz, pode inviabilizar a semeadura do mesmo. Deve-se escolher plantas de cobertura com menor produção de fitomassa seca ou que possam alterar a relação C/N do quantitativo da palha remanescente do arroz, facilitando o processo de decomposição de ambas até a nova semeadura do arroz irrigado.

Segundo REDIN (2014), a decomposição de resíduos culturais no solo é influenciada pela sua composição química, pela família a qual as espécies pertencem e a mistura de resíduos culturais. As espécies da família Poaceae produzem matéria seca e acúmulo de carbono até 1,8 vezes mais do que leguminosas. Soma-se a isso, o fato de que 61% da matéria seca das raízes é representada por raízes finas, o que contribui mais para o carbono orgânico do solo, devido à facilidade de penetrar e crescer no interior dos agregados. Representantes da família Poaceae apresentam, maior acúmulo de nitrogênio nas raízes e maior concentração de celulose e hemicelulose, o que leva a um maior tempo de decomposição dos resíduos.

Além dos benefícios citados anteriormente, o uso de plantas de cobertura capazes de disponibilizar, via mineralização, maiores quantidades de amônio ao solo, elevam a matéria orgânica do mesmo. Estes fatores são importantes, uma vez que, a baixa disponibilidade de nitrogênio amoniacal pode limitar o desenvolvimento inicial do arroz em Plantio Direto, em razão da baixa atividade da nitrato redutase nas plântulas, o que pode diminuir a assimilação do nutriente nas plantas (PACHECO, et al., 2013).

Todavia, existem plantas como trevo persa (*Trifolium resupinatum* L.) que é uma leguminosa anual de estação fria que vem se destacando pela produção de forragem de alta qualidade, rica em proteína, pela competitividade e pela boa adaptação a solos hidromórficos como os de terras baixas, além de apresentar boa ressemeadura natural (MAIA et al., 2000).

O trevo persa, é uma alternativa promissora para produção de forragem no período de inverno e primavera, intensificando o uso das terras baixas no período de entressafra com a possibilidade da integração lavoura pecuária, além de fornecer nitrogênio às culturas em sucessão.

Está leguminosa mostra-se produtiva (6 a 9 ton MS ha⁻¹) em áreas onde a umidade do solo é alta, pois possui caules ocos que a tornam muito resistente à falta de oxigênio no solo, sendo assim uma opção interessante para rotação com arroz (MSU, 2010).

Segundo Scivittaro et al. (2007), em trabalho utilizando diferentes coberturas do solo como fonte de nitrogênio para produção orgânica de arroz irrigado, o trevo persa acumulou 92,7 kg ha⁻¹ de N e a produção sucessiva de grãos de arroz irrigado atingiu 7.193 kg ha⁻¹.

Se não bastasse isso, o trevo persa pode viabilizar uma maior decomposição dos restos culturais do arroz, visto que, pode ocorrer o balanço da relação C/N entre os materiais, favorecendo a atividade microbiana durante o período de entressafra.

3.4 ROTAÇÃO DE CULTURAS: CULTIVO DE SOJA EM TERRAS BAIXAS

É importante ressaltar, que nos últimos anos, o monocultivo e a intensificação do uso das terras baixas aumentaram a incidência de pragas e plantas daninhas prejudiciais ao arroz. Uma das medidas que visa contornar esse problema é a rotação ou sucessão de culturas. No entanto, para implantar outras culturas nesse ambiente, é necessário utilizar plantas que tolerem o encharcamento e, além disso, manejar corretamente o solo para possibilitar uma drenagem eficiente.

Ocupando aproximadamente 300 mil hectares em rotação com a cultura do arroz irrigado, a soja vem ganhando cada vez mais espaço, apresentando um salto de 27 vezes da

safra 2009/10 até a safra 2018/19 (IRGA, 2019). Isso porque, com as áreas cada vez mais infestadas com arroz vermelho, a soja passou a ser um dos requisitos no planejamento das áreas de arroz. Essa era a visão em um primeiro momento. Atualmente, com a consolidação da cultura, a identificação de diversos benefícios além da diminuição do banco de sementes foi sendo explorada, principalmente em função da melhoria da fertilidade. Com isso, também se aumentou a preocupação com a estrutura do solo, visto a grande exigência da cultura, em relação aos aspectos físicos.

O manejo do solo para implantar uma cultura de sequeiro em áreas de várzeas ainda precisa ser adequado às características desses perfis. A condição natural do solo de terras baixas, intensificada pelo seu uso, causa limitações físicas e hídricas para o crescimento radicular. As principais limitações são a drenagem lenta, presença de camadas compactadas, proximidade do lençol freático da superfície e baixa capacidade de armazenamento de água (MÜLLER, 2015).

Ainda segundo MÜLLER (2015), ao se cultivar soja em terras baixas a mesma é submetida a uma frequência elevada de estresse, tanto por excesso de água, que diminui a disponibilidade de oxigênio no solo e compromete o sistema radicular, como por deficiência hídrica, causada pela baixa capacidade de armazenamento de água deste solo. Desta forma, surge a necessidade de intervenções mecânicas para o preparo da área, com a finalidade de eliminar o micro relevo, melhorar os atributos físicos e a drenagem da lavoura. A adequação do ambiente físico do solo de terras baixas tende a reduzir a frequência de estresses que a leguminosa é submetida e proporcionar estabilidade produtiva da cultura.

Inserindo a soja em sucessão ao arroz em uma área manejada com o Plantio Direto não são claros os efeitos sobre essa cultura. Isso porque sabe-se que a palha mantém a umidade do solo, o que pode prejudicar o estabelecimento da cultura e conseqüentemente, a produtividade de grãos (COELHO, 2017).

4 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido na Estação Regional de pesquisa do Instituto Rio Grandense do Arroz - IRGA, localizada na zona rural do município de Cachoeira do Sul. A localidade é denominada por Barragem do Capané e está situada na região fisiográfica da Região Central do Estado do Rio Grande do Sul, (latitude: 30° 13'32.3'' S, longitude: 52° 56'49.9'' W e altitude: 95 m). O solo utilizado é classificado como Planossolo Hidromórfico Eutrófico arênico, pertencente à Unidade de Mapeamento Vacacaí (EMBRAPA, 1999), com as seguintes características: $\text{pH}_{\text{água}}(1:1) = 5,2$; $\text{P} = 6,5 \text{ mg dm}^{-3}$; $\text{K} = 32 \text{ mg dm}^{-3}$ e $\text{MO} = 1,5 \%$. O clima local é subtropical úmido, classificado como Cfa pelo sistema de classificação Köppen. A média anual da temperatura e pluviosidade são de 19,2 °C e 1.708 mm, respectivamente (MALUF, 2000).

Os manejos pós-colheita foram conduzidos no delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições. No verão subsequente, safra 2019/20, a área recebeu a cultura do arroz irrigado nos primeiros 40 metros e a cultura da soja nos 40 metros finais destinados ao experimento (Figura 1).

As atividades de implantação dos dois experimentos (arroz e soja) tiveram início no dia 24 de março ao final da safra 2018/19. A gleba foi dividida em duas partes iguais, após ser realizada a colheita com o solo seco, tendo em vista não deixar rastros no relevo possibilitando o emprego dos diferentes manejos pós-colheita.

Com relação a determinação da palha residual do arroz, que na área do estudo foi de 10,8 ton ha⁻¹, a mesma foi obtida através da coleta de 10 amostras de palha em uma área superficial de 0,5 m² cada. Em seguida, o material coletado foi levado a estufa com temperatura de 65 °C até atingir peso constante. Posteriormente, as amostras foram pesadas individualmente onde se realizou a média e os resultados sendo transformados para kg ha⁻¹. O mesmo procedimento se repetiu ao final da entressafra, antecedendo a próxima semeadura, a fim de quantificar a massa seca remanescente da palha do arroz.

Para a semeadura do arroz, realizada no dia 25 de outubro, utilizou-se a cultivar IRGA 424 RI na densidade de 100 kg ha⁻¹. Os demais tratos culturais dessa cultura foram realizados conforme recomendações técnicas para a cultura (SOSBAI, 2018). Para implantação da soja foi utilizada a cultivar TEC IRGA 6070 RR na densidade de 330 mil plantas ha⁻¹, sendo a semeadura conduzida no dia 11 de novembro de 2019. A adubação de base foi ajustada conforme análise de solo da área para uma expectativa de alta produtividade, ou seja, 6 ton ha⁻¹. Os demais tratos culturais foram realizados conforme recomendações técnicas para a cultura.

Os tratamentos foram aplicados em uma área de 0,7 hectares, com a seguinte caracterização:

- (T1) palha dessecada (plantio direto);
- (T2) rolo-faca sem água (plantio direto);
- (T3) palha roçada (plantio direto);
- (T4) confecção de rolos de feno com enfardadeira (plantio direto);
- (T5) preparo antecipado;
- (T6) sistema convencional;
- (T7) dessecação da palhada com posterior semeadura de trevo persa (plantio direto).

Figura 1 - Croqui da área experimental onde foram desenvolvidas as atividades descritas neste documento. Cachoeira do Sul – RS, 2019.

		ESTRADA GERAL																		
		88 metros																		
		9 metros	6 metros	6 metros	2 m	7 metros	2 m	6 metros	6 metros	6 metros	6 metros	6 metros	6 metros	6 metros	6 metros	6 metros				
80 metros	40 metros	ESTRADA PIVÔ	SOMA	ROLO FACA	DES. ROLC	ROÇADA		ROLO FACA		GRADE	DES. ROLC	ROÇADA	DESSEC.	TREVO	FENO	FENO	DESSEC.	GRADE	SOMA	ARR ROZ VER ME LH O
				ROLO FACA	DES. ROLC	ROÇADA		ROLO FACA		GRADE	DES. ROLC	ROÇADA	DESSEC.	TREVO	FENO	FENO	DESSEC.	GRADE		
	ARROZ		ROLO FACA	DES. ROLC	ROÇADA		ROLO FACA		GRADE	DES. ROLC	ROÇADA	DESSEC.	TREVO	FENO	FENO	DESSEC.	GRADE	ARROZ		
			ROLO FACA	DES. ROLC	ROÇADA		ROLO FACA		GRADE	DES. ROLC	ROÇADA	DESSEC.	TREVO	FENO	FENO	DESSEC.	GRADE			
		BARRAGEM																		

Fonte: Autor, 2019.

Para a viabilidade dos diferentes métodos de incorporação do material orgânico, fez-se o uso de um trator John Deere 5065E com 85 cavalos de potência, quatro cilindros e com média de consumo de 4 litros de diesel ha⁻¹. Os sete sistemas de cultivos adotados neste estudo estão descritos na tabela 1.

O preparo antecipado foi realizado 25 dias após a colheita do arroz, no dia 18 de abril, com auxílio do implemento rolo-faca (Apêndice C). A incorporação da palha ao solo foi realizada com a faixa ainda com água, representado o manejo mais utilizado pelos orizicultores gaúchos na safra 2018/19 (IRGA, 2019). Para o sistema convencional (Apêndice E), utilizou-se três operações de gradagem durante o período de entressafra, sendo a última realizada 30 dias antes da semeadura da nova safra. Neste manejo, além do implemento de grade se utilizou uma niveladora para a correção do micro-relevo.

O implemento rolo-faca, utilizado tanto no tratamento do rolo-faca sem água (Apêndice A) quanto no T5, contém 3 m de largura, diâmetro de 67 cm e peso igual a 2.100 kg, possuindo

ainda 12 facas duplas de 10 cm de altura cada. A enfardadeira cilíndrica (Apêndice D) operada para o tratamento T4 possui recolhedor de 1.950 mm de largura, quatro barras e 120 dentes o que permite produzir fardos de 1.100 kg com diâmetro entre 813 e 1829 mm.

A dessecação dos tratamentos T1 (Apêndice F), T2 e T7, ocorreu no dia 18 de abril de 2019, após a colheita do arroz quando já havia área foliar suficiente para a absorção do produto selecionado. Para isso, foi optado pela utilização do herbicida glifosato na dose de 1.800 g ha⁻¹ de i.a. Na sequência ao passo anterior, já no dia 25 de abril, a rolagem da palha no tratamento T2 foi possível em decorrência da ação do herbicida adotado. Do tratamento T3 (Apêndice B) ao T6, não houve dessecação. Após a dessecação da palha do arroz, no dia 05 de julho de 2019, foi realizada a semeadura a lanço do trevo persa na densidade de 6 kg ha⁻¹ (Apêndice G).

Tabela 1 – Implementos, sistemas de cultivos e datas das intervenções nos manejos pós-colheita adotados no estudo. Cachoeira do Sul – RS, 2019.

Tratamento	Implemento	Sistema de cultivo	Data de intervenção
T1	pulverizador costal	plantio direto	18 de abril
T2	rolo-faca	plantio direto	25 de abril
T3	Roçadora	plantio direto	25 de abril
T4	Enfardadeira	plantio direto	25 de abril
T5	rolo-faca	preparo antecipado	18 de abril
T6	grade + niveladora	sistema convencional	18 abr.; 14 jun. e 25 set.
T7	pulverizador costal	plantio direto	18 abr. e 05 jul.

4.1 VARIÁVEIS ANALISADAS

4.1.1 Taxa de decomposição da palha dos resíduos culturais

A taxa de decomposição dos resíduos culturais da palha do arroz passou a ser monitorada em campo por meio de bolsas de nylon com 20x20 cm e malha de 0,5 mm (mesh bags), (Figuras 2a; 2b e 2c). A quantidade de material colocado nas bolsas foi equivalente à matéria seca produzida pela cultura do arroz durante o seu ciclo em cada bloco. Concomitante a coleta para alocação dos resíduos culturais nas bolsas, coletou-se quatro repetições de cada tratamento para determinar a quantidade inicial de matéria seca a 65 °C, em estufa, até peso constante.

Figura 2 a; b e c – Preparação dos mesh bags em laboratório e pesagem da matéria seca para posterior avaliação da MSR em função do manejo pós-colheita. Cachoeira do Sul – RS, 2019.

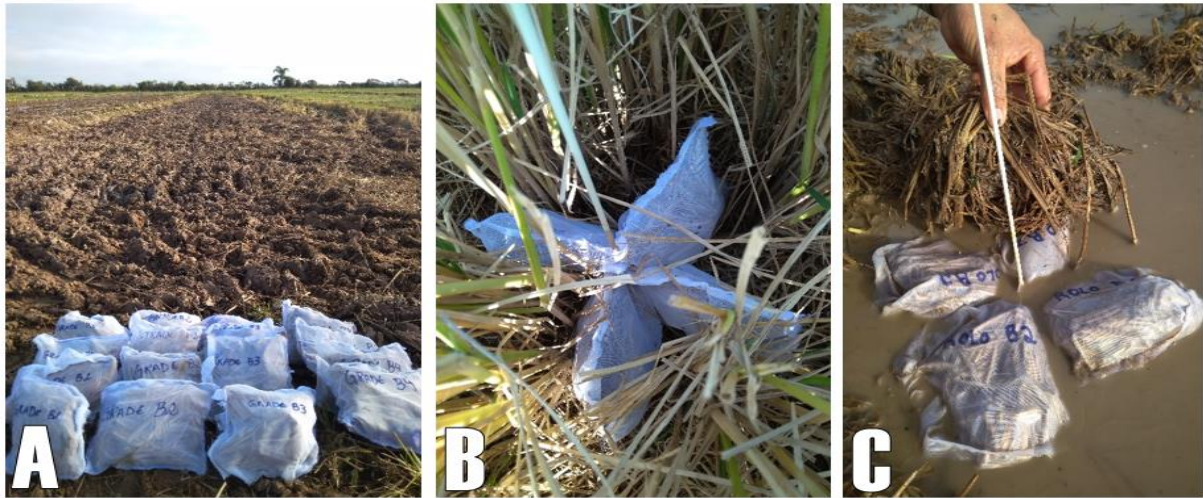


Fonte: Autor, 2019.

As amostras contidas nos MB foram distribuídas na superfície do solo, dentro de cada parcela (Figuras 3a; 3b e 3c) sendo cada MB posicionado onde encontrava-se a palha do arroz, em cada tratamento. A cada coleta, retirou-se um MB de cada bloco sendo a primeira realizada no dia 02/05/2019, ou seja, 38 dias após a colheita do arroz e instalação do experimento. Já a segunda coleta, aconteceu no dia 28 de agosto, 118 dias após a anterior, restando a terceira e última para a data de semeadura da safra seguinte que ocorreu no dia 25 de outubro (Figuras 4a; 4b; 4c; 4d e 4e).

Nos tratamentos onde os MB foram incorporados ao solo (preparo antecipado e sistema convencional), após as coletas os mesmos foram lavados e levados a estufa com temperatura de 65 °C até atingirem peso constante. Na etapa seguinte, os mesmos foram incinerados em uma mufla com temperatura de 600 °C sendo possível determinar as impurezas.

Figura 3 a; b e c – Distribuição de quatro mesh bags em cada bloco do experimento, acompanhando o manejo da palha realizado com cada tratamento. Cachoeira do Sul – RS, 2019.



Fonte: Autor, 2019.

Figura 4 a; b; c; d; e – Coleta de um mesh bag por bloco, no respectivo intervalo de tempo, nos diferentes manejos adotados na palha do arroz. Cachoeira do Sul – RS, 2019.



Fonte: Autor, 2019.

4.1.2 Custos operacionais de cada manejo

Calculou-se utilizando o número de horas e o combustível gasto do trator John Deere 5065E com 85 cv, quatro cilindros bem como as horas de recursos humanos envolvidos (Figuras 5a e 5b).

Figura 5 a e b – Trator John Deere, realizando a semeadura do arroz e soja na área experimental. Cachoeira do Sul – RS, 2019.



Fonte: Autor, 2019.

4.1.3 Aspectos agronômicos

4.1.3.1 Número de plântulas estabelecidas (arroz e soja)

Foi determinado através da contagem das plântulas emergidas aos 10 dias após a semeadura do arroz irrigado e soja, em 2 m linear da segunda linha de semeadura de cada unidade experimental. Após os dados obtidos, transformou-se os mesmos em plântulas emergidas por m² (Figura 6).

Figura 6 - Contagem das plântulas de arroz e soja emergidas aos 10 dias após a semeadura. Cachoeira do Sul – RS, 2019.

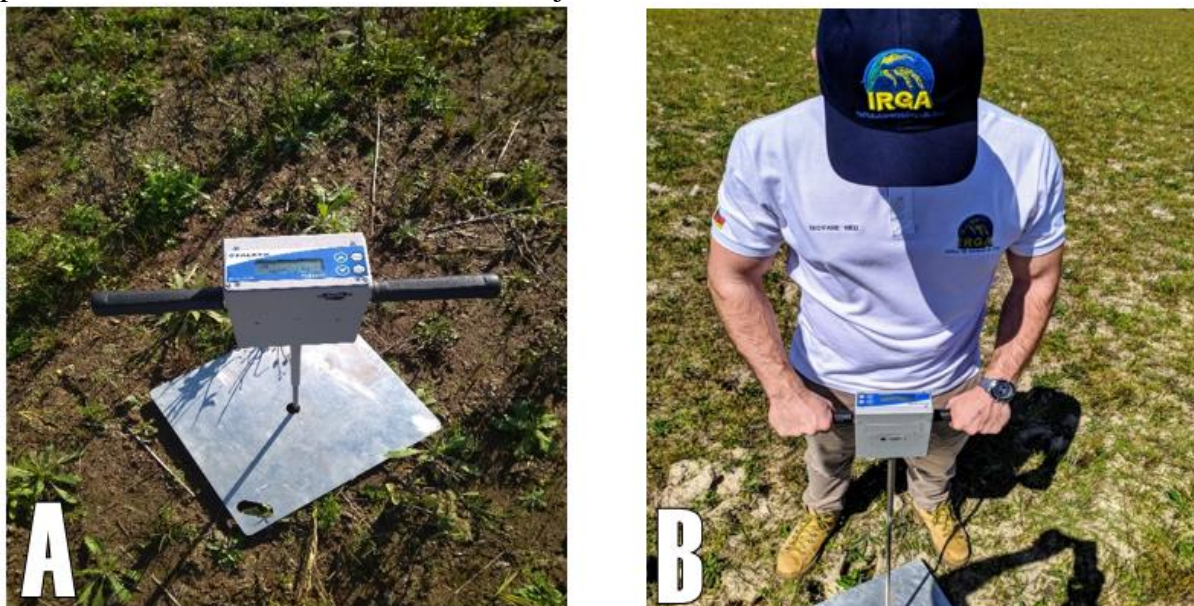


Fonte: Autor, 2019.

4.1.4.2 Resistência do solo à penetração (soja)

Etapa realizada através da utilização de penetrômetro eletrônico Falker® (Figuras 7a e 7b) nas profundidades de 0-5; 5-10; 10-15; 15-20; 20-25; 25-30; 30-35 e 35-40 cm, em 10 pontos por unidade experimental após a aplicação dos manejos pós-colheita e antes da semeadura da soja. É importante ressaltar que nesta mesma oportunidade, foram coletadas 3 sub-amostras de solo a 0 – 5 cm de profundidade por bloco para determinação de umidade. Estas avaliações decorreram após uma precipitação pluviométrica.

Figura 7 a e b - Determinação da resistência mecânica a penetração do solo na área onde posteriormente foi cultivado a cultura da soja. Cachoeira do Sul – RS, 2019.



Fonte: Autor, 2019.

4.1.4 Componentes do rendimento

4.1.4.1 Rendimento de grãos em arroz

Foi realizada a colheita de uma área útil de 4,00 m² (4 x 1,0 m) em cada unidade experimental, quando os grãos estavam com umidade média de 22%. Após trilha, limpeza e pesagem dos grãos com casca, os dados foram corrigidos para 13% de umidade e convertidos para kg ha⁻¹, (Figuras 8a e 8b).

Figura 8 a e b – Colheita das parcelas de arroz irrigado, nos diferentes tratamentos utilizados neste experimento. Cachoeira do Sul – RS, 2020.



Fonte: Autor, 2020.

4.1.4.2 Rendimento de grãos em soja

Realizou-se a colheita de uma área útil de 4,00 m² (4 x 1,0 m) em cada unidade experimental quando os grãos estavam com umidade média de 15%. Após trilha, limpeza e pesagem dos grãos, os dados foram corrigidos para 13% de umidade e convertidos para kg ha⁻¹, (Figuras 9a e 9b).

Figura 9 a e b - Colheita das parcelas de soja, nos diferentes tratamentos utilizados neste experimento e posterior trilha. Cachoeira do Sul – RS, 2020.



Fonte: Autor, 2020.

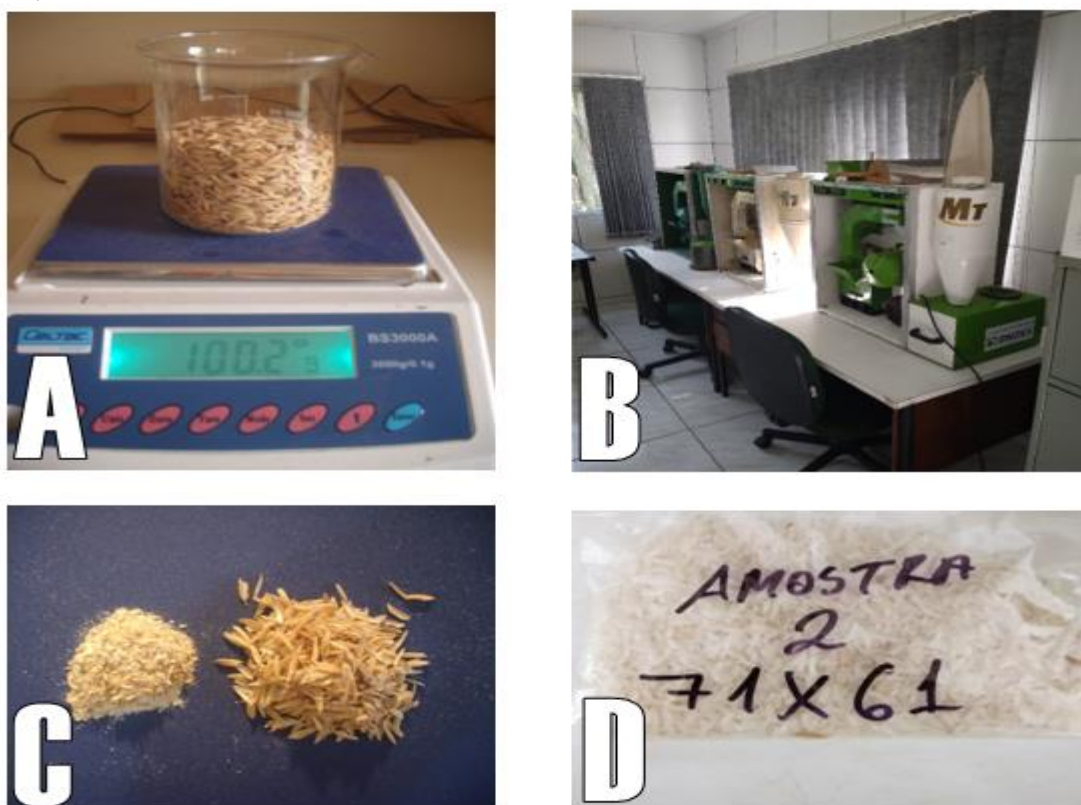
4.1.4.3 Qualidade do grão (arroz)

Determinou-se através do beneficiamento de uma amostra de 100 g de grãos de arroz com casca (Figuras 10a; 10b; 10c; 10d; 10e e 10f), o qual realizou as seguintes análises:

- **Grão inteiro:** grão descascado e polido que apresentar comprimento igual ou superior a três quartos do comprimento mínimo da classe que predomina;

- **Rendimento do grão:** percentual em peso, de grãos inteiros e de grãos quebrados, resultantes do beneficiamento do arroz;
- **Renda do beneficiamento:** percentual de arroz beneficiado e polido, resultante do beneficiamento do arroz em casca.

Figura 10 a; b; c; e d – Etapas executadas para determinação da qualidade do grão de arroz, através da análise de engenho, considerando uma amostra por tratamento. Cachoeira do Sul – RS, 2020.



Fonte: Autor, 2020.

4.1.5 Rentabilidade dos sistemas de produção (arroz e soja)

Para o cálculo de rentabilidade, levou-se em consideração os custos gerados no preparo da área em cada um dos sete manejos pós-colheita e também a produtividade final da cultura do arroz irrigado e soja. Considerou-se apenas o salário do operador de máquinas no valor de R\$1.745,72 e o litro do óleo diesel R\$3,19, logo foi desconsiderada a depreciação das máquinas e implementos agrícolas neste estudo. O valor médio de comercialização da saca de arroz foi estipulado em R\$60,00 e da soja em R\$100,00, multiplicando este coeficiente pelo número de sacas colhidas em cada tratamento de cada cultura. Em seguida, foi realizado a divisão entre a

renda bruta obtida com a comercialização da produção de cada tratamento pelo custo operacional de cada manejo.

Os parâmetros citados acima foram submetidos à análise de variância e havendo diferenças significativas entre os tratamentos, as médias foram submetidas ao teste Scott- Knot a 5% de probabilidade de erro.

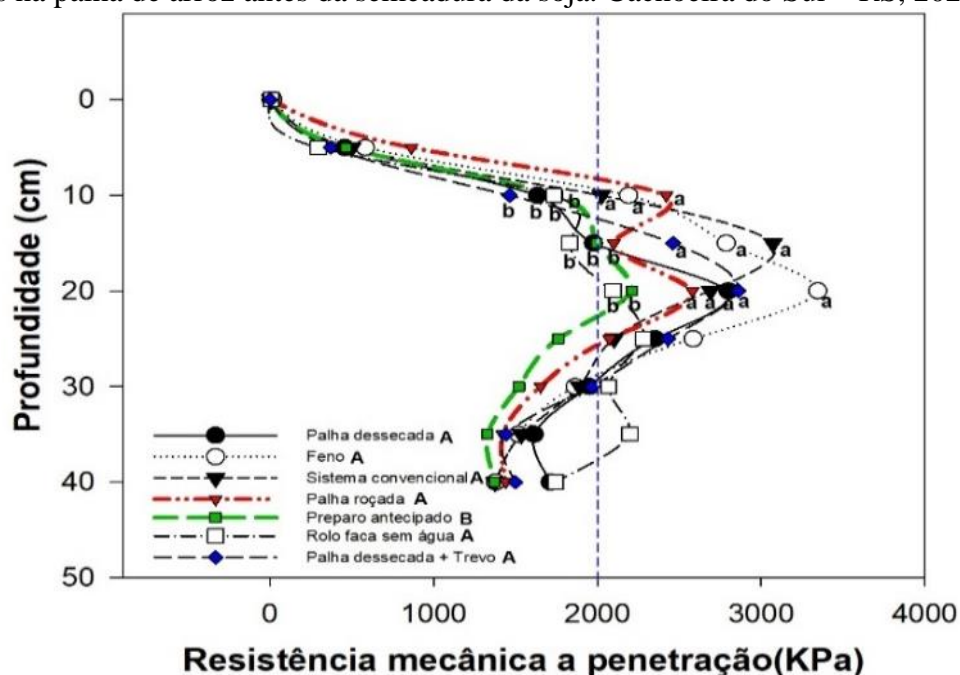
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos resultados de resistência do solo a penetração das raízes (Figura 11), obtidos da área onde foi realizado o cultivo de soja, após uma precipitação pluviométrica, apenas o preparo antecipado diferiu significativamente dos demais tratamentos, com a menor resistência mecânica a penetração, na média das diferentes profundidades que foram de 0 - 40 cm. Por outro lado, aos 20 cm de profundidade, 5 dos 7 tratamentos incluindo a palha roçada, sistema convencional, palha dessecada, palha dessecada + trevo persa e confecção de rolos de feno diferiram significativamente, passando dos 2.500 KPa, o que é restritivo ao crescimento radicular (SILVA et al., 2002).

Segundo DRESCHER, et al., (2012), a compactação do solo afeta a disponibilidade de água e de nutrientes para as plantas, reduzindo a fotossíntese, o crescimento e o rendimento de grãos da cultura.

É importante ressaltar que essa avaliação só foi possível em função da umidade presente no solo (tabela 2), e que os diferentes manejos pós-colheita na profundidade de 0 – 5 cm, não apresentaram diferença significativa para a variável umidade, no dia da avaliação da resistência do solo a penetração das raízes.

Figura 11 - Resistência mecânica a penetração, em função dos diferentes manejos pós-colheita realizados na palha de arroz antes da semeadura da soja. Cachoeira do Sul – RS, 2020.



Fonte: Autor, 2020.

Tabela 2 – Umidade do solo no momento da avaliação da resistência a penetração com aparelho penetrômetro eletrônico. Cachoeira do Sul – RS, 2019.

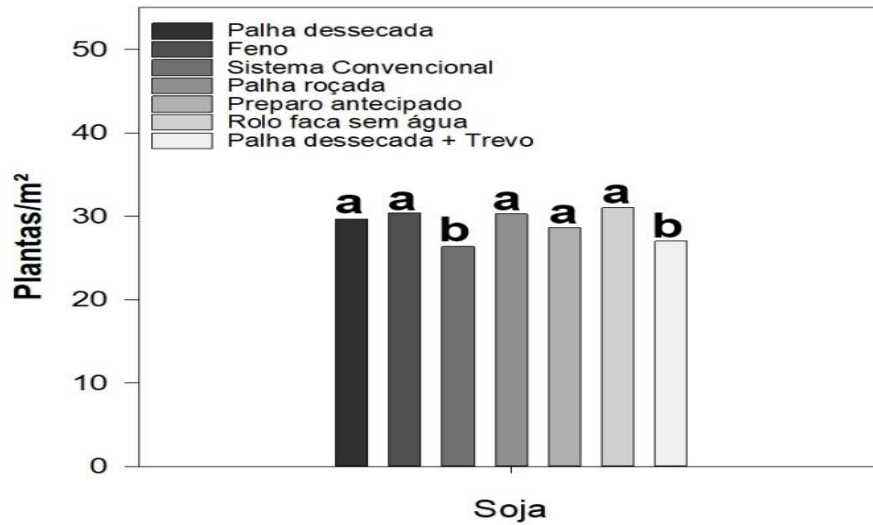
Manejo	Umidade (%)
Feno	13,32 *
Preparo antecipado	11,67
Rolo-faca sem água	11,86
Palha roçada	14,97
Sistema convencional	14,23
Palha dessecada	15,56
Palha dessecada + Trevo	13,24
Média	13,55

*não houve diferença significativa na umidade do solo, nos diferentes manejos pós-colheita.

Se tratando de estande inicial de plantas de soja (figura 12), apenas os tratamentos do sistema convencional e dessecação da palhada com posterior semeadura de trevo persa, apresentaram diferenças significativas para os manejos pós-colheita adotados, com menor número de plantas/m². O preparo antecipado, ocupou 63% das áreas de terras baixas na safra 2018/19 no estado gaúcho (IRGA, 2019) e, embora tenha se destacado, ao considerarmos a média dos demais tratamentos que apresentaram diferença significativa, com maior número de plantas/m² (palha dessecada, rolo-faca sem água, palha roçada e confecção de rolos de feno com enfardadeira), o mesmo foi 15% menos rentável no ponto de vista econômico se comparado, individualmente, com os tratamentos em que foi realizado o plantio direto.

Embora o tratamento da dessecação da palhada com posterior semeadura de trevo persa tenha apresentado estande inicial de plântulas inferior, nos demais tratamentos conservacionistas os fragmentos da palha de arroz deixados após cada manejo não interferiram na emergência das plântulas, propiciando estande inicial uniforme.

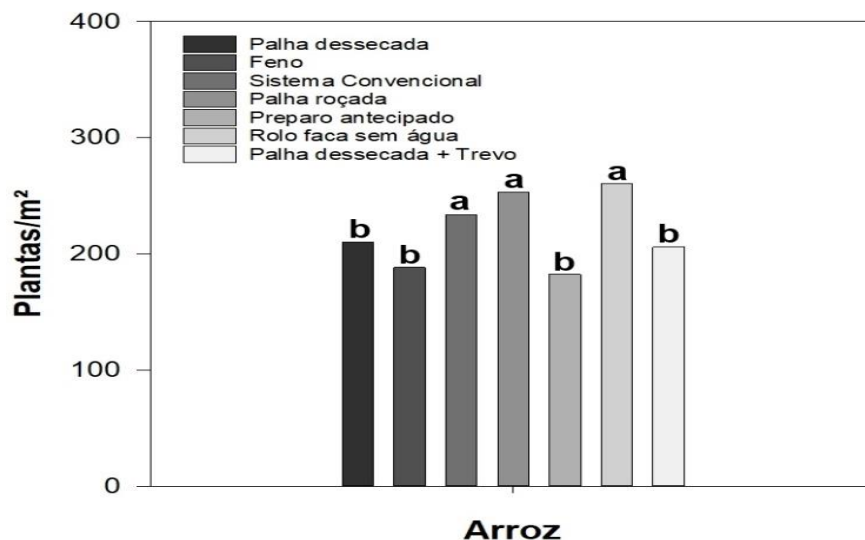
Figura 12 – Estande inicial de plantas de soja, em função dos diferentes manejos pós-colheita realizados na palha de arroz. Cachoeira do Sul – RS, 2020.



Fonte: Autor, 2020.

Para a variável estande inicial de plantas de arroz, os tratamentos rolo-faca sem água, palha roçada e sistema convencional (figura 13), foram os que apresentaram os melhores índices, diferindo-se estatisticamente dos demais manejos. Embora o sistema convencional tenha se destacado, o mesmo ao final do ciclo da cultura teve sua rentabilidade 25% menor em relação a faixa com a palha roçada e 45% inferior se comparado ao manejo rolo-faca sem água. Segundo MARIOT et al., (2003), o número de plantas/m² é o principal componente de rendimento e que pode limitar o potencial de rendimento de grãos.

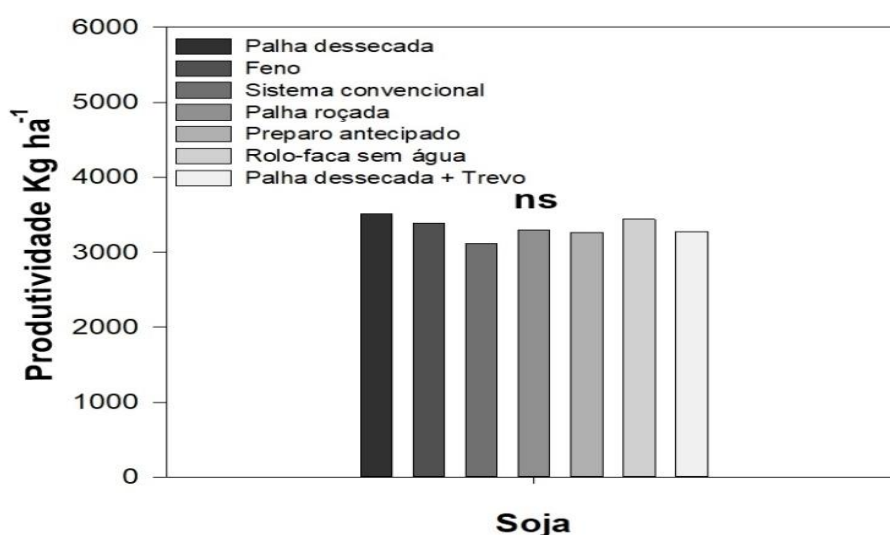
Figura 13 – Estande inicial de plantas de arroz irrigado, em função dos diferentes manejos pós-colheita realizados na palha de arroz. Cachoeira do Sul – RS, 2020.



Fonte: Autor, 2020.

Já para a produtividade de grãos de soja (kg ha^{-1}) apresentada na figura 14, não houve diferença significativa entre os tratamentos. Entretanto, os custos com o preparo do solo têm representado de R\$ 500,00 à R\$ 600,00 por hectare nos últimos anos (IRGA, 2019), e é um dos poucos fatores que podem ser alterados visando à contenção de gastos. Nestas áreas onde é predominante o preparo anual, envolvendo despesas em óleo diesel, mão de obra e depreciação das máquinas e implementos, o plantio direto é uma alternativa que pode ser utilizada a fim de reduzir os custos da lavoura.

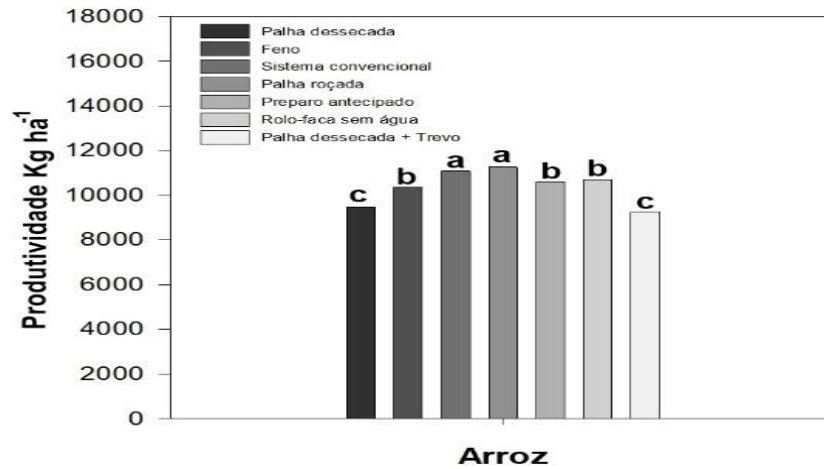
Figura 14 - Produtividade de grãos de soja (kg ha^{-1}), em função dos diferentes manejos pós-colheita realizados na palha de arroz. Cachoeira do Sul – RS, 2020.



Fonte: Autor, 2020.

Com relação a produtividade de grãos de arroz irrigado (Figura 15), é possível observar que os tratamentos que atingiram as maiores médias, diferindo-se significativamente dos demais, foram o sistema convencional e a palha roçada. Todavia, quando comparamos a rentabilidade entre estes dois sistemas, o primeiro apresentou 56,48%, enquanto o segundo 81,03%, ou seja, o plantio direto, embora tenha atingido produtividade semelhante ainda é 25% mais rentável que o manejo convencional. Segundo PEREIRA et al.; (2005), 2 a 3 Mg de massa de matéria seca são suficientes para que se tenha uma adequada cobertura para implantação do Plantio Direto, em solos de várzea, pois quantidades maiores, além de dificultar a evaporação da água do solo, podem produzir ácidos orgânicos em níveis tóxicos ao arroz, refletindo na redução de produtividade.

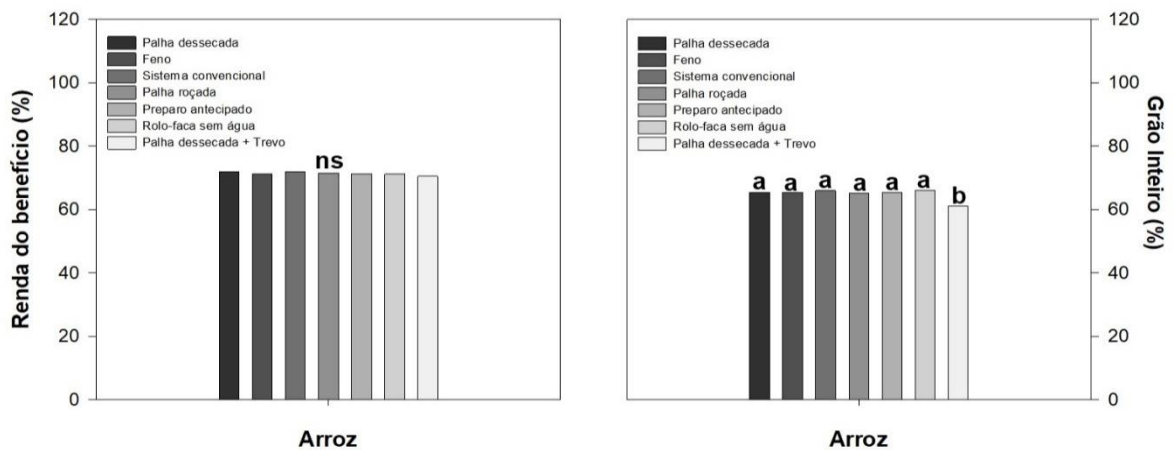
Figura 15 - Produtividade de grãos de arroz irrigado (kg ha^{-1}), em função dos diferentes manejos pós-colheita realizados na palha de arroz. Cachoeira do Sul – RS, 2020.



Fonte: Autor, 2020.

A variável renda do benefício (%), em arroz irrigado, não apresentou diferença significativa entre os tratamentos empregados na área. Todavia, para o fator grão inteiro (%), o tratamento T7 representado pela palha dessecada + trevo, apresentou 61% diferindo significativamente dos demais manejos com a menor porcentagem, muito provavelmente em função da amostra utilizada para o teste não ser representativa do tratamento em si (Figura 16). Para CASTRO, et al., (1999), as características determinantes da qualidade de grão em arroz refletem-se diretamente no valor de mercado e na aceitação do produto pelo consumidor. FORNASIERI FILHO E FORNASIERI (2006) citam que a legislação brasileira prevê uma renda base de 68% para o rendimento de benefício, constituída de 40% de grãos inteiros e 28% de grãos quebrados, logo os valores encontrados neste experimento, são satisfatórios.

Figura 16 – Renda do benefício e grãos inteiros (%) de arroz irrigado, em função dos diferentes manejos pós-colheita realizados na palha de arroz. Cachoeira do Sul – RS, 2020.



Fonte: Autor, 2020.

Ao analisarmos os resultados de rentabilidade de arroz irrigado (Tabela 2), é possível constatar que o melhor desempenho econômico ocorreu no tratamento da palha dessecada, com aproximadamente 115%, acompanhado do tratamento rolo-faca sem água com 101,17%. Já o sistema convencional e o preparo antecipado, apresentaram 56,48% e 58,17% de rentabilidade, respectivamente. Por outro lado, o tratamento da palha dessecada + trevo, apresentou a menor rentabilidade o que se justifica pelo fato de as sementes de trevo custarem R\$25,00 kg, sendo usada a densidade de 6 kg ha⁻¹.

Tabela 3 – Rentabilidade da produção de arroz irrigado (kg ha⁻¹), em função dos diferentes manejos pós-colheita realizados na palha de arroz. Cachoeira do Sul – RS, 2020.

Manejo	Produtividade (sc/ha)	Custo (R\$/ha)	Rentabilidade (%)
Palha dessecada	189,61	99,20	114,69
Feno	207,05	166,05	74,81
Sistema Convencional	221,76	235,60	56,48
Palha roçada	225,26	166,80	81,03
Preparo antecipado	212,24	218,90	58,17
Rolo-faca sem água	214,25	127,07	101,17
Palha dessecada + Trevo	185,26	261,20	42,55
Média	207,92	182,12	75,56

Levando em consideração os custos de produção de soja (kg ha⁻¹), expressos na tabela 3, é possível observar que o tratamento da palha dessecada foi o que apresentou a melhor rentabilidade, seguido do rolo-faca sem água com 52,25% e 45,15%, respectivamente. Por outro lado, o sistema convencional e o preparo antecipado, que ocuparam aproximadamente 88% da área cultivada no estado na safra 2018/19 (IRGA, 2019), apresentam uma redução significativa na rentabilidade com 23,11% e 25,76%, respectivamente, sendo 24% menos rentáveis na média se comparando aos sistemas acima citados.

Tabela 4 – Rentabilidade da produção de soja (kg ha⁻¹), em função dos diferentes manejos pós-colheita realizados na palha de arroz. Cachoeira do Sul – RS, 2020.

Manejo	Produtividade (sc/ha)	Custo do manejo (R\$/ha)	Rentabilidade (%)
Palha dessecada	51,84	99,20	52,25
Feno	54,61	166,05	32,89
Sistema Convencional	54,45	235,60	23,11
Palha roçada	55,04	166,80	33,00
Preparo antecipado	56,40	218,90	25,76
Rolo-faca sem água	57,37	127,07	45,15
Palha dessecada + Trevo	58,52	261,20	22,40
Média	55,46	182,12	33,51

Com base nos resultados da Tabela 4, é possível visualizar a massa seca remanescente da palha do arroz na área experimental. Inicialmente, após a colheita dos grãos, a concentração de MSR era de 10,8 toneladas por hectare.

Entre os diferentes manejos pós-colheita adotados, o tratamento com a palha roçada apresentou a maior redução de resíduos em kg ha^{-1} , chegando na safra com apenas 23,4% do volume inicial. Este resultado refletiu diretamente no estande inicial de plântulas de arroz, sendo que este tratamento apresentou diferença significativa, junto do tratamento do feno e sistema convencional, corroborando com os resultados de HIDALGO et al., (2009) que com base em seus estudos observou que quando há quantidades elevadas de palha de arroz na superfície do solo no momento da semeadura, provavelmente haverá um prejuízo no estabelecimento da cultura.

Por outro lado, o tratamento da palha dessecada apresentou o maior volume de MSR, chegando ao final do período de entressafra com 40,5% do volume inicial. Este fato refletiu diretamente no estabelecimento inicial da cultura do arroz, com 210 plantas/ m^2 .

Todavia, embora haja diferença significativa para a variável plantas/ m^2 , este foi o manejo mais rentável dentre os estudados.

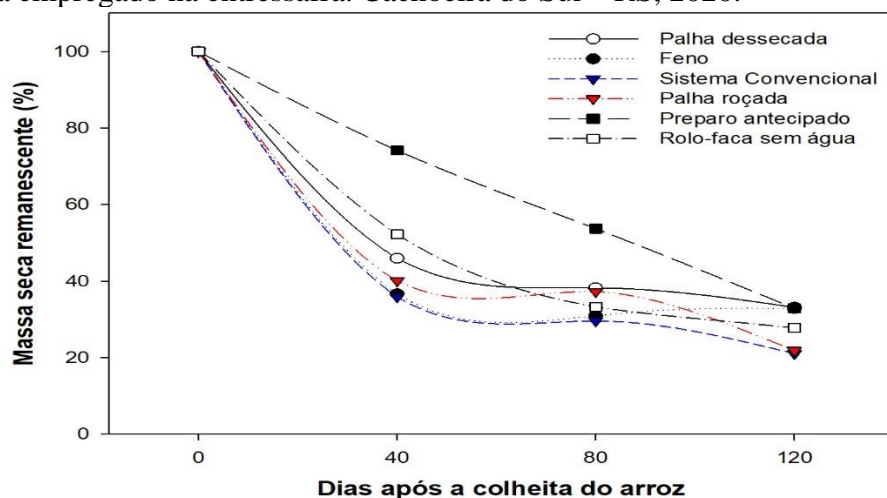
Tabela 5 - Massa seca remanescente da palha do arroz (kg ha^{-1}) em função do manejo da palha do arroz durante a entressafra, no dia da semeadura da nova safra. Cachoeira do Sul – RS, 2020.

Manejo	MS Remanescente (kg ha^{-1})
Palha dessecada	4376,15
Feno	3120,05
Sistema Convencional	*
Palha roçada	2527
Preparo antecipado	*
Rolo-faca sem água	2795,2
Palha dessecada + Trevo	3076,2
Média	3178,92

* sem matéria seca para coleta em razão da incorporação ao solo.

A Figura 17, expressa em porcentagem os resultados da massa seca remanescente (MSR), obtidos através dos MB aplicados nas unidades experimentais durante o período de entressafra.

Figura 17 - Massa seca remanescente (%) da palha do arroz irrigado, em função do manejo pós-colheita empregado na entressafra. Cachoeira do Sul – RS, 2020.



Fonte: Autor, 2020.

O manejo do rolo-faca com água, representado pelo preparo antecipado que é o mais utilizado no estado, foi o que proporcionou a maior porcentagem de MSR durante os 120 dias após a colheita do arroz, chegando na última coleta de MB e propositalmente dia da nova semeadura com aproximadamente 40% do volume inicial que era $10,8 \text{ ton ha}^{-1}$. Por outro lado, tanto o tratamento da palha roçada quanto o sistema convencional, apresentaram redução de 80% da MSR.

Todavia, ao analisarmos a rentabilidade entre os sistemas, o tratamento onde a palha foi roçada proporcionou incrementos de 10% e 25% na rentabilidade no cultivo da soja e do arroz irrigado, respectivamente, em relação ao sistema convencional. Este sistema convencional, caracterizado pela utilização do implemento de grade de discos, atualmente ocupa 25% da área no estado (IRGA, 2019). Além disso, o sistema convencional, se afasta do conceito de sustentabilidade, porque tem como consequências a desestruturação da macro e microporosidade do solo, redução da atividade biológica e a inviabilização da construção da fertilidade natural do mesmo. Por outro lado, o manejo que emprega apenas a roçada da palha pode ser enquadrada em um sistema conservacionista como o plantio direto.

Outro ponto relevante é o comportamento similar dos seguintes tratamentos: palha dessecada, rolo-faca sem água, palha roçada, confecção de rolos de feno com enfardadeira, sistema convencional e dessecação da palhada com posterior semeadura de trevo persa, quando analisamos a decomposição da MSR nos primeiros 40 dias. Apenas o preparo antecipado apresentou desempenho constante durante os 120 dias de estudo, chegando na última coleta de MB com a maior concentração de MSR.

Este resultado, encontrado no tratamento do preparo antecipado, vai de acordo com o já constatado por MASSONI et al., (2013), quando afirma que sistemas de preparo do solo em área de várzea que utilizam o solo alagado, como o rolo-faca, apresentam uma decomposição da palha mais lenta, podendo chegar a nova safra de arroz com metade da massa seca ainda presente na área. Além disso, esse sistema permanece em ambiente anaeróbico por um período considerável, fazendo com que o comportamento microbiano, seja atrasado em relação aos demais.

Para os demais manejos, as semelhanças na marcha de decomposição da matéria seca, podem estar relacionadas com o estoque de nitrogênio ainda presente no material vegetal e no solo, suprimindo as demandas energéticas dos microrganismos nessa fase, uma vez que, a relação C/N dos resíduos orgânicos presentes no solo é um dos principais fatores controladores da velocidade do processo de decomposição (HEAL et al., 1997).

Além disso, condições ambientais como a temperatura, também podem ser correlacionadas ao comportamento observado, tendo em vista que, os primeiros 40 dias compreendem o intervalo de 15 de abril a 25 de maio, período em que a temperatura ainda estava elevada no Rio Grande do Sul. Para autores como RAICH e SHLESINGER (1992), as menores taxas anuais de atividade microbiológica do solo são encontradas nos ecossistemas de clima temperado e árido, e as maiores taxas ocorrem nos ecossistemas tropicais, onde a temperatura e umidade disponíveis são maiores.

6 CONCLUSÕES

A diferença significativa no estande inicial de plantas de arroz irrigado, refletiu diretamente na produtividade de grãos. Entretanto, a variável renda do benefício não apresentou diferença significativa para os manejos pós-colheita adotados no experimento.

Com todos os indicadores acima de 60%, o fator grãos inteiros apresentou resultados satisfatórios segundo a Portaria nº 269 do Ministério da Agricultura e Reforma Agrária, de 17 de novembro de 1988.

Já a diferença significativa no estande inicial de plantas de soja e na resistência do solo a penetração das raízes, não refletiram em diferença significativa na produtividade de grãos da cultura.

A maior rentabilidade considerando a produtividade e os custos de produção de cada cultura ocorreram no tratamento da palha dessecada com 114,69% e 52,25% para arroz irrigado e soja, respectivamente.

O tratamento da palha roçada apresentou a maior redução de resíduos em kg ha⁻¹, chegando na data da nova semeadura com apenas 23,4% da MSR inicial que corresponde a 2,5 toneladas do material vegetal.

Se não bastasse isso, o produtor poderá eliminar a etapa da roçada da palha ao ajustar o picador da colhedora no momento em que realiza a colheita do arroz irrigado.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir deste estudo, é possível constatar que é de suma importância a mudança de paradigma no que se diz respeito ao método escolhido para o preparo das áreas cultivadas com arroz irrigado no período de entressafra.

Com a adoção de manejos conservacionistas abordados nesse experimento, será possível viabilizar a reestruturação dos solos de terras baixas, melhorando as características físicas que incluem a macro e microporosidade, aumentando também a médio e longo prazo os teores de matéria orgânica que contribuirão para o incremento na atividade biológica do solo.

Estes fatores em conjunto, contribuirão para um sistema mais sustentável, com condições de receber outros cultivos além do tradicional arroz irrigado. Dessa forma, haverá o fortalecimento do conceito de rotação de culturas em terras baixas com a adesão de espécies cultivadas apenas em ambiente de sequeiro, como a soja, viabilizando assim diferentes fontes de renda para o produtor agrícola.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, G.C.S de; LAMOUNIER, W. M. **Organizações Rurais & agroindustriais**, Lavras, v. 7, n.3, p.345-355, 2005.
- BARROS, B. Há 40 anos, DDT precipitou restrições. **Valor Econômico**, São Paulo, 22 nov. 2010. Agronegócios, p. B12.
- BEAUD, M. (1994). *História do capitalismo: de 1500 até nossos dias*. 4. ed. São Paulo: Brasiliense.
- BIJAY-SINGH et al. Crop residue management for lowland rice-based cropping systems in Asia. **Advances in Agronomy**, v. 98, p. 117-199, 2008.
- BOTTA, G.F, et al. 2015. **Alternatives for handling rice (*Oryza sativa* L.) straw to favor its decomposition in direct sowing systems and their incidence on soil compaction**. *Geoderma*, p. 213-222, 2015.
- BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Mercado Interno. 2015. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/arroz>>. Acesso em: maio 2015.
- BRUM, A. (1988). *Modernização da agricultura: trigo e soja*. Petrópolis: Vozes.
- GRAZIANO DA SILVA.J. **O novo mundo rural brasileiro**. Campinas: Unicamp, 2000. 151 p. Série Pesquisas.
- CASTRO, E. da M. de; VIEIRA, N.R. de A.; RABELO, R.R.; SILVA, S.A. da. **Qualidade de grãos em arroz**. Santo Antônio, de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. 30p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular técnica, 34).
- COLEHO, L.P. **Manejo de azevém e de mecanismos sulcadores da semeadora no desempenho da soja em terras baixas. Dissertação**. Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria. 2017. 78 p.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**. Brasília: Conab, v. 2, n. 12, set. 2016.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Compêndio de estudos da Conab**. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/>>. Acesso em: 20 ago. 2020.
- CONWAY, G. Êxitos anteriores. In: _____. **Produção de alimentos no século XXI: biotecnologia e meio ambiente**. São Paulo: Estação Liberdade, 2003. cap.4, p.69-74.
- COUNCE, P.A.; KEISLING, T.C.; MITCHELL, A.J. A uniform, objective, and adaptive system for expressing rice development. **Crop Science, Madison**, v.40, n.2, p. 436-443, 2000.

DEBUSK, W.F., WHITE, J.R. e REDDY, K.R. **Carbon and nitrogen dynamics in wetland soils**. In: L. Ma, and S. Hansen M. J. Shaffer. Modeling carbon and nitrogen dynamics for soil management. Boca Raton: CRC Press, p. 27-53, 2001.

DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA DOS ESTADOS UNIDOS – USDA. **Produção mundial de arroz**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acesso em: 09 set 2020.

DORS, G. C.; PINTO, L. A. A.; BADIÁLE-FURLONG, E. Migration of mycotoxins into rice starchy endosperm during the parboiling process. *LWT - Food Science and Technology*, n. 42, p. 433–437, 2009.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema Sistema Plantio Direto: o conceito**. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/sistema_plantio_direto/arvore/CONT000fh2b6ju802wyiv80rn0etn6qe10im.html. Acessado em: 27 mai 2015.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Pragas e doenças do arroz**. Disponível em: http://www.cnpaf.embrapa.br/eventosenoticias/anteriores/anteriores2009/0911_03.htm. Acesso em: abr 2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Manual de Métodos de análise de solo. **Centro Nacional de Pesquisa de Solo**. – 2. ed. Rio de Janeiro, 1999. 212 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Dados de conjuntura da produção de arroz (*Oryza sativa* L.) no Brasil (1985-2015)**. Disponível em: <http://www.cnpaf.embrapa.br/socioeconomia/index.htm>. Acesso em: 06 fev. 2017.

ERENTEIN, O., MALIK, F.K. e SINGH, S. **Adoption and Impacts of Zero-tillage in the Rice–Wheat Zone of Irrigated Haryana, India**. New Delhi, 2007. 25 p.

FEIGL, B.J., CERRI, C.C. e BERNOUX, M. **Balço de carbono e biomassa microbiana em solos da Amazônia**. In: MELO I.S. & AZEVEDO, J.L. Ecologia microbiana. Jaguariúna, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1998, 488p.

FORNASIERI FILHO, D.; FORNASIERI, J. L. **Manual da cultura do arroz. Jaboticabal: FUNEP, 2006. 589 p.**

GAMA-RODRIGUES. **Biomassa microbiana e ciclagem de nutrientes**. Porto Alegre: Genesis, 1999. 508 p.

GRISI, B.M.; GRAY, T.R.G. Comparação dos métodos de fumigação, taxa de respiração em resposta à adição de glicose e conteúdo de ATP para estimar a biomassa microbiana do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 10, p. 109-115, 1986.

GOODMAN, D. & REDCLIFT, M. (1991). **Refashioning nature: food, ecology and culture**. Londres: Routledge.

GOODMAN, D. & SORJ, B. & WILKINSON, J. (1990). **Da lavoura às biotecnologias**. São Paulo: Campus.

HEAL, O.W.; ANDERSON, J.M.; SWIFT, M.J. Plant litter quality and decomposition: An historical overview. In: CADISCH, G. & GILLER, K.E. (org.) **Driven by nature: plant litter quality and decomposition**. London: CAB INTERNATIONAL, 1997. p. 3-30.

HIDALGO, R., et al. 2009. **Efficiency in sowing rice (Oryza sativa):** planter machine and seeding devices. 2009, p. 18.

HUANG, M., JIANG, J e YINGBIN, Z. Changes in soil microbial properties with no-tillage in Chinese cropping systems. **Biology and Fertility Soils**, v. 49, p. 373–377, 2013.

INSTITUTO RIO GRANDENSE DO ARROZ - IRGA. **Panorama da produtividade de arroz do RS nos últimos**. Instituto Rio Grandense do Arroz. Acessado em: 25 de maio de 2019. Disponível em:
http://www.irga.rs.gov.br/upload/20150303163740producao_rs_e_brasil_grafico.pdf.

INSTITUTO RIO GRANDENSE DO ARROZ - IRGA. **Dados de safra**. Disponível em:
www.irga.gov.br. Acesso em: 09 set 2020.

LOBO JÚNIOR, M.; SOUZA, J. N. G. de; SANTOS, A. B. dos. **Processos biológicos e densidade de microrganismos em solo de várzea tropical cultivado com forrageiras para implantação do arroz no sistema plantio direto**. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2004. 6 p. (Comunicado Técnico, 89) Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/213627/1/comt89.pdf>>. Acesso em: 14 jun. 2011.

LOUZADA, J. A.; CAICEDO, N. O.; HELFER, F. Condições de drenagem relacionadas ao trânsito de máquinas em solo de várzea (RS-Brasil). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**. v. 12, n. 1,p. 98-105, 2008.

MAIA, M.de S.; REIS, J.C.L.; CUNHA, C.P. Época de colheita de sementes de trevo persa cv. Kyambro. Pelotas: **Embrapa Clima Temperado**, 2000. 2p. (Embrapa Clima Temperado. Recomendação Técnica, 19).

MAJEED, S.; IQBAL, M.; ASI, M. R. IQBAL, S. Z. Aflatoxins and ochratoxin A contamination in rice, corn and corn products from Punjab, Pakistan. **Journal of Cereal Science**, v. 58, p. 446 e 450, 2013.

MALUF JRT, 2000. Nova classificação climática do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia** 8, 141-150.

MARIOT, C.H.P et al. Resposta de duas cultivares de arroz irrigado à densidade de semeadura e à adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, p.233-241, 2003.

MASSONI, P. F. S.; MARCHESAN, E.; GROHS, M.; SILVA, L. S. da; ROSO, R. Nutrientes do solo influenciados por diferentes manejos da palha após a colheita do arroz irrigado. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 44, n. 2, p. 205-214, abr-jun, 2013.

MATSUMURA, Y, MINOWA, T; YAMAMOTO, H. Amount, availability, and potential use of rice straw (agricultural residue) biomass as an energy resource in Japan. **Biomass and Bioenergy**, v.29, p. 347–354, 2005.

MOTSCHENBACHER, JILL, et al. **Long-Term Crop Rotation, Tillage, and Fertility Effects on Soil Carbon and Nitrogen in Dry-Seeded, Delayed-Flood Rice Production Systems**. [Online] 2014. Acessado em: 31 de maio de 2015.] <http://www.intechopen.com/books/co2-sequestration-and-valorization/long-term-crop-rotation-tillage-and-fertility-effects-on-soil-carbon-and-nitrogen-in-dry-seeded-dela>.

MISSISSIPPI STATE UNIVERSITY – MSU. [2010]. **Mississippi forages**. Disponível em: <<http://msucares.com/crops/forages/legumes/cool/persianclover.html>> Acesso em: 21 jan. 2011.

MÜLLER, E. A. **Capacidade de preparos de solo reduzirem limitações físicas naturais de áreas de várzea para o cultivo de soja**. Dissertação de Mestrado (Dissertação em Agronomia) – UFSM, Rio Grande do Sul, 2015.

OLK, DC, et al. Crop Nitrogen Uptake and Soil Phenols Accumulation under Continuous Rice Cropping in Arkansas. **Soil Science Society of America**. v. 73, n.3, p. 952-960, 2009.

PACHECO, L.P., et al. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura e produtividade de soja e arroz em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 48,n.9, p. 1228-1236, 2013.

PEREIRA, D.P.; BANDEIRA, D.L.; QUINCOZES, E. da R.F. (Ed.). **Cultivo do arroz irrigado no Brasil**. 2005. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozIrigadoBrasil>>. Acesso em: 24 ago. 2020.

PLANETA ARROZ. **Indicadores de preços no RS bate recorde mesmo descontando a inflação**. Disponível em: <https://www.planetaarroz.com.br/noticias/19743/Indicador_de_precos_do_arroz_no_RS_bate_recorde_mesmo_descontando_a_inflacao>. Acesso em: 20 ago. 2020.

POWLSON, D.S., BROOKES, P.C e CHRISTESEN, B.T. Measurement of soil microbial biomass provide an early indication of changes in total soil organic matter due to straw incorporation Soil Biology and Biochemistry. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 19, p. 159-164,1987.

RAICH, J. W.; SCHLESINGER, W. H. The global carbon dioxide flux in soil respiration and its relationship to vegetation and climate. **Tellus**, v. 44, n. 2, p. 81-99, 1992.

REDIN, M. 2014. **Produção de biomassa, composição química e decomposição de resíduos culturais da parte aérea e resíduos no solo**. Tese de doutorado. Departamento de Solos, Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria. 2014. 115 p.

REITER, E. V.; VOUK, F.; BÖHM, J.; RAZZAZI-FAZELI, E. Aflatoxins in rice – A limited survey of products marketed in Austria. **Food Control**, n. 21, p. 988 – 991, 2010.

REUNIÃO TÉCNICA DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 28., 2010, Bento Gonçalves. **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil.** Porto Alegre: SOSBAI, 2010. 188p.

REUNIÃO TÉCNICA DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO. Arroz irrigado: **recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil.** / Sociedade Sul-Brasileira de Aroz Irrigado. Farroupilha, RS. SOSBAI, 2018. 205 p.

RIJSBERNAN, F.R. **Water scarcity: fact or fiction?** Agriculture Water Management, v.5, p. 5-22, 2006.

SACHET, M. P. F. **Dinâmica do banco de sementes de arroz vermelho e ciclagem de nutrientes em função do manejo pós colheita da palha do arroz.** Dissertação de Mestrado (Dissertação em Agronomia) – UFSM, Rio Grande do Sul, p. 27. 2011.

SANTOS, A.B. dos; STONE, L.F.; VIEIRA, N.R. de A. **A cultura do arroz no Brasil.** 2.ed.rev.ampl. Santo Antônio, de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. 1000p.

SANTOS, V. B. dos, et al. Biomassa, Atividade Microbiana e Teores de carbono E nitrogênio. **Revista Brasileira de Agrociências**, v. 10, 3, pp. 333-338, 2004.

SCIVITTARO, W.B.; MATTOS, M.L.T.; MARTINS, J.F.S. Uso de coberturas de solo como fonte de nitrogênio para sistema de produção orgânica de arroz irrigado. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.2, n.1, p.1078-1081, 2007.

SGARBIERI, V. C. **Fontes de proteínas na alimentação.** In: _____. Proteínas em alimentos protéicos. São Paulo: Varela, 1986. cap. 2, p. 139-257.

SILVA, O. F. da; WANDER, A. E. **O arroz no Brasil: evidências do censo agropecuário 2006 e anos posteriores.** Santo Antônio, de Goiás: Embrapa.Arroz e Feijão, 2014. 58 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 299).

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO (SOSBAI). Arroz irrigado: **recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil.** Porto Alegre, RS: SOSBAI, 2016; 192p.

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO (SOSBAI). Arroz irrigado: **recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil.** Pelotas, RS: SOSBAI, 2007; 154p.

SOSBAI. Arroz Irrigado: **recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil.** Farroupilha: Pallotti, 2018, 205 p.

TEDESCO, M.J et al. **Análises de solo, plantas e outros materiais.** 2 eds. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 1995.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Área dessecada com posterior rolagem da palha do arroz com o rolo-faca sem água.



Fonte: Autores, 2020.

APÊNDICE B – Roçada da palha do arroz.



Fonte: Autores, 2020.

APÊNDICE C – Incorporação da palha do arroz com duas passadas de rolo-faca com água.



Fonte: Autores, 2020.

APÊNDICE D – Confeção de rolos de feno com enfardadeira.



Fonte: Autores, 2020.

APÊNDICE E – Gradagem com posterior aplainamento da área.



Fonte: Autores, 2020.

APÊNDICE F – Dessecação da palhada do arroz.



Fonte: Autores, 2020.

APÊNDICE G – Trevo persa estabelecido sobre resteva de arroz previamente dessecada.



Fonte: Autores, 2020.